ভৌত বিজ্ঞান পরিচয়

ডক্টর আহুতিনারায়ণ কোনার

Approved as a Text Book on Physical Science for Class IX
by the West Bengal Board of Secondary Education
Vide T. B. No. IX|PS|81|34. Dated 10.1.81.

ভৌত বিজ্ঞান পরিচয়

(প্রথম ভাগ—নবম শ্রেণী)

পদার্থবিদ্যা (৭ম শ্রেণী), ভৌত বিজ্ঞান পরিচয় (দ্বিতীয় ভাগ), পদার্থবিদ্যা (১১শ—১২শ) ও ব্যবহারিক পদার্থবিদ্যা প্রণেতা

ডঃ আহুতিনারায়ণ কোনার এম. এস্‌-সি., পি.-এইচ্‌. ডি.

অধ্যাপক, শেঠ আনন্দরাম জয়পুরিয়া কলেজ, কলিকাতা।

সংশোধিত ও পরিবর্তিত সপ্তম সংস্করণ—ফেব্রুয়ারী, ১৯৮৮

দি ঢাকা স্টুডেন্টস্ লাইব্রেরী
(স্থাপিত ১৮৭৯ খ্রীঃ)
পুস্তক প্রকাশক ও বিক্রেতা
৫ নং শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট, কলিকাতা ৭০০০৭৩

প্রকাশক ঃ
শ্রীসুশীলকুমার দত্ত এম. এস্. সি.
দি ঢাকা স্টুডেন্টস্ লাইব্রেরী
৫, শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট্
কলিকাতা—৭০০০৭৩

প্রথম সংস্করণ—এপ্রিল, ১৯৮০
সংশোধিত প্রথম সংস্করণ—ডিসেম্বর, ১৯৮০
সংশোধিত দ্বিতীয় সংস্করণ—এপ্রিল, ১৯৮১
পরিমার্জিত তৃতীয় সংস্করণ—এপ্রিল, ১৯৮৩
পরিমার্জিত চতুর্থ সংস্করণ—জানুয়ারী, ১৯৮৫
সংশোধিত ও পরিবর্তিত পঞ্চম সংস্করণ—জানুয়ারী, ১৯৮৬
পরিমার্জিত ষষ্ঠ সংস্করণ—জানুয়ারী, ১৯৮৭
সংশোধিত সপ্তম সংস্করণ—ফেব্রুয়ারী, ১৯৮৮

মুদ্রাকর ঃ
শ্রীদীপককুমার ভূঞ্যা
সুদীপ প্রিণ্টার্স
৪/১এ, সনাতন শীল লেন
কলিকাতা-৭০০০১২

মূল্য ঃ কুড়ি টাকা মাত্র।

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায়—পদার্থবিদ্যা ও রসায়নবিদ্যা

দ্বিতীয় অধ্যায়—পদার্থবিদ্যা

তৃতীয় অধ্যায়—রসায়নবিদ্যা

প্রথম অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ

পরিমাপের বিভিন্ন পদ্ধতি
(Systems of measurement)

1·1. সূচনাঃ

পদার্থবিদ্যায় সূক্ষ্ম পরিমাপের প্রয়োজন। লর্ড কেলভিনের ভাষায় 'যা তুমি ব'লছ তা যদি মাপতে পারো এবং সংখ্যার সাহায্যে প্রকাশ ক'রতে পারো তাহ'লে তুমি তার সম্পর্কে কিছু জানো, কিন্তু যদি তা সংখ্যায় মাপতে না পারো তাহ'লে তার সম্পর্কে তোমার জ্ঞান **অপর্যাপ্ত** এবং অসন্তোষজনক'।

1·2. প্রাকৃতিক রাশিঃ

যা পরিমাপ করা যায় তাকে **রাশি** (*quantity*) বলে। প্রাকৃতিক বস্তু ও ঘটনাবলী সম্পর্কিত রাশিকে সাধারণভাবে প্রাকৃতিক বা **ভৌত রাশি** (*Physical quantity*) বলে। যেমন, কোন দণ্ডের দৈর্ঘ্য এক মিটার, কোন ব্যক্তির **ভর** পঞ্চাশ কিলোগ্রাম, বেলা বারোটার **সময়** যাওয়ার কথা ইত্যাদি। যে তিন প্রকার রাশির কথা বলা হ'ল—দৈর্ঘ্য (length), ভর (mass) ও সময় (time)– ইহাদের **মৌলিক রাশি** (*fundamental quantity*) বলে। কেননা এই তিন প্রকার রাশি জানা থাকলে অন্য বহু ধরনের রাশি মাপা যায়। বিভিন্ন রাশি এই তিন প্রকার রাশির উপর নির্ভর করে, কিন্তু ইহারা অপর কোন রাশির উপর নির্ভর করে না এবং পরস্পরের উপরও নির্ভর করে না। অর্থাৎ ইহাদের যে কোন একটিকে মাপার জন্য অপর দুই রাশির কোন একটিরও প্রয়োজন হয় না।

কতকগুলি রাশির কেবলমাত্র মান (magnitude) উল্লেখ ক'রলেই চলে, আবার কতকগুলি রাশির মান ও দিক (direction) উভয়েরই উল্লেখ না ক'রলে ইহারা অর্থহীন হ'য়ে পড়ে। তাই প্রাকৃতিক রাশিগুলিকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন, **স্কেলার** (*scalar*) **রাশি** ও (ii) **ভেক্টর** (*vector*) **রাশি**।

● **স্কেলার রাশি** ঃ

সংজ্ঞা ঃ যে প্রাকৃতিক রাশিগুলির কেবলমাত্র মান আছে কিন্তু নির্দিষ্ট দিক নেই তাদের **'স্কেলার রাশি'** বলে। যেমন, কাজ, সময়, বস্তুর ভর, আয়তন, তাপ ইত্যাদি।

● **ভেক্টর রাশি** ঃ

সংজ্ঞা ঃ যে প্রাকৃতিক রাশিগুলির মান ও নির্দিষ্ট দিক্ আছে এবং যাদের সামান্তরিক যোগসূত্র অনুযায়ী যোগ করা যায় তাদের **ভেক্টর রাশি** বলে। যেমন, বল, বস্তুর ওজন, বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদি।

1·3. পরিমাপের একক (Units of measurement) :

কোন রাশি মাপতে গেলে তার সুবিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধ'রে সমপ্রকার রাশির মাপ নেওয়া হয়। এই নির্দিষ্ট মানকে মাপের **একক** (unit) বলে। যেমন একটি দণ্ড 100 সেন্টিমিটার লম্বা ব'ললে সহজেই ইহার দৈর্ঘ্য সম্পর্কে ধারণা হয়। এক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'সেন্টিমিটার'কে একক হিসেবে ধরা হয়েছে।

তেমনি কোন বস্তুর ভর 100 গ্রাম ব'ললে ইহার পরিমাণ বোঝা যায়। এক্ষেত্রে ভর একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'গ্রাম'কে একক হিসেবে ধরা হ'য়েছে।

আবার এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যেতে 10 ঘণ্টা সময় লাগল ব'ললে সময়ের পরিমাণ বোঝা যায়। এক্ষেত্রে সময় একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'ঘণ্টা'কে একক হিসেবে ধরা হ'য়েছে। কাজেই বোঝা যায় যে, বিভিন্ন প্রকারের রাশি মাপার জন্য বিভিন্ন ধরনের 'একক'র প্রয়োজন। ইচ্ছামত এই সব একক নিলে ইহাদের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক থাকে না। কাজেই, এইরূপ একক ব্যবহারে বিশেষ জটিলতা ও অসুবিধা দেখা দেয়। তাই বিভিন্ন ধরনের এককগুলিকে পরস্পর সম্বন্ধযুক্ত ও একে অপরের উপর নির্ভরশীল হ'তে হয়। কাজেই, বিভিন্ন ধরনের এককগুলিকে কয়েকটি মৌলিক এককের সাহায্যে নির্ধারণ করা হয়। অবশ্য লক্ষ্য রাখতে হয় যে,

(i) এককগুলির সংজ্ঞা পরিষ্কারভাবে জানা এবং ইহাদের আকার সুবিধাজনক।

(ii) সর্বত্র এককগুলি পুনর্গঠন যোগ্য।

(iii) এককগুলি সময়ের সঙ্গে অপরিবর্তনীয়।

(iv) এককগুলি যেন উষ্ণতা, চাপ ইত্যাদির সাথে পরিবর্তিত না হয়। পরিবর্তিত হ'লে যেন পরিবর্তনের মান নির্ভুলভাবে জানা থাকে।

আন্তর্জাতিক নির্বাচিত **মৌলিক এককগুলি হ'ল ভর, দৈর্ঘ্য ও সময়ের একক।** 1832 খ্রীষ্টাব্দে সি. এফ্. গাউস (C. F. Gauss) এই এককগুলির নাম দেন **'চরম একক'**। যেহেতু এই তিন ধরনের এককের কোন একটি থেকে অপরটিকে পাওয়া যায় না এবং অপর কোন অধিকতর মৌলিক রাশিতে ইহাদের পরিণত করা যায় না তাই এই এককগুলিকে মৌলিক একক (*fundamental* or *primary unit*) বলে।

● **সংজ্ঞা :** দৈর্ঘ্য, ভর ও সময় এই তিনটি মৌলিক রাশি মাপার জন্য যে এককগুলি ব্যবহার করা হয় তাদের **প্রাথমিক একক** বলে।

বলবিদ্যায় অপর এককগুলিকে এই তিন ধরনের একক থেকে পাওয়া যায়। যে এককগুলিকে মৌলিক একক থেকে গঠন করা হয় তাদের **লব্ধ একক** (*derived unit*) বলে। যেমন, ক্ষেত্রফলের একক ও আয়তনের একক দৈর্ঘ্যের একক থেকে পাওয়া যায়। ক্ষেত্রফলের একক, এক একক দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল এবং আয়তনের একক, এক একক দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট ঘনকের আয়তন। অনুরূপভাবে, বেগের একক—এক একক সময়ে একক দৈর্ঘ্য ইত্যাদি।

● **সংজ্ঞা :** এক বা একাধিক মৌলিক এককের সাহায্যে সূচিত করা যায় এমন এককক‌ে লব্ধ একক বলে।

ওজন ও বিভিন্ন পরিমাপ সংক্রান্ত আন্তর্জাতিক কমিটি (International Bureau of Weights and Measures)-তে মৌলিক একক তিনটি সর্বসম্মতিক্রমে নির্ধারিত হয় এবং পৃথিবীর সব দেশে সেগুলি ব্যবহৃত হয়। মৌলিক এককের গুণিতক নিয়ে বড় একক এবং ইহার ভগ্নাংশ নিয়ে ছোট একক গঠন করা হয়।

জেনে রাখবে যে, **আজকাল উষ্ণতাকে চতুর্থ মৌলিক একক হিসেবে ধরা হয়।**

1·4. এককের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Systems of Units) :

মৌলিক এককগুলি সাধারণত চারটি পদ্ধতিতে প্রকাশ করা যায়। (i) সেন্টিমিটার গ্রাম-সেকেন্ড পদ্ধতি বা সংক্ষেপে **সি. জি. এস্. বা মেট্রিক পদ্ধতি** (*C. G. S.* or *Metric system*) ; (ii) ফুট-পাউন্ড-সেকেন্ড পদ্ধতি বা **এফ. পি. এস্. পদ্ধতি** (*F. P. S. system*) ; (iii) মিটার-কিলোগ্রাম-সেকেন্ড পদ্ধতি বা সংক্ষেপে **এম. কে. এস্. পদ্ধতি** (*M. K. S. system*) (iv) **এস. আই.** (*Standard International*) **পদ্ধতি।**

(i) **সেন্টিমিটার-গ্রাম-সেকেন্ড পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক **সেন্টিমিটার** (*centimetre*), ভরের একক **গ্রাম** (*gram*) ও সময়ের একক **সেকেন্ড** (*second*)।

এখন প্রশ্ন হ'ল, কতটা দূরত্বকে এক সেন্টিমিটার, কতটা ভরকে এক গ্রাম ও কতটা সময়কে এক সেকেন্ড ধরা হবে এবং কিভাবেই বা এইসব নির্ধারণ করা হবে ? ওজন ও বিভিন্ন পরিমাপ সংক্রান্ত আন্তর্জাতিক কমিটি এইগুলি স্থির ক'রে দিয়েছেন।

● **সেন্টিমিটার :** 90 ভাগ প্ল্যাটিনাম ও 10 ভাগ ইরিডিয়াম মিশিয়ে এই মিশ্রিত ধাতুর সাহায্যে একটি দণ্ড তৈরী করা হয় এবং ইহার উপরে দু'দিকে দুটি দাগ দেওয়া হয়। 0°C উষ্ণতায় এই দাগ দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বকে এক মিটার ধরা হয়। এই এক মিটার দৈর্ঘ্যের একশত ভাগের এক ভাগকে এক **সেন্টিমিটার** বলে। বর্তমানে প্যারিসের কাছে ওজন ও বিভিন্ন পরিমাপ সংক্রান্ত আন্তর্জাতিক সংস্থায় এইরূপে একটি দণ্ড আছে।

বড় দৈর্ঘ্যকে প্রকাশ করার জন্য মিটারের আগে **ডেকা, হেক্টো, কিলো,** ইত্যাদি শব্দ বসানো হয়। ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যকে প্রকাশ করার জন্য মিটারের আগে **ডেসি, সেন্টি, মিলি** ইত্যাদি শব্দ বসানো হয়। নীচের তালিকা থেকে ইহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক সহজেই বোঝা যায়।

1 মিলিমিটার $= \frac{1}{1000}$ মিটার $= 0·001$ মিটার
10 মিলিমিটার $= 1$ সেন্টিমিটার (cm.) $= \frac{1}{100}$ মিটার $= 0·01$ মিটার
10 সেন্টিমিটার $= 1$ ডেসিমিটার $= \frac{1}{10}$ মিটার $= 0·1$ মিটার
10 ডেসিমিটার $= 1$ মিটার (metre)

10 মিটার = 1 ডেকামিটার = 10 মিটার
10 ডেকামিটার = 1 হেক্টোমিটার = 100 মিটার
10 হেক্টোমিটার = 1 কিলোমিটার = 1000 মিটার

খুব ছোট দৈর্ঘ্য মাপার জন্য **মাইক্রোমিটার** (*micrometre*) একক এবং খুব বড় দৈর্ঘ্য মাপার জন্য **মেগামিটার (*megametre*)** একক ব্যবহার করা হয়।

1 মাইক্রোমিটার = 10^{-6} মিটার
1 মেগামিটার = 10^{6} মিটার

● **গ্রাম ঃ** প্যারিস শহরের স্টান্ডার্ড অফিসে অবস্থিত প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম নির্মিত (90 ভাগ প্লাটিনাম ও 10 ভাগ ইরিডিয়াম) একটি চোঙের ভরের এক হাজার ভাগের এক ভাগকে **এক গ্রাম** বলে। ঐ চোঙের ভরকে আন্তর্জাতিক প্রামাণিক কিলোগ্রাম (International Prototype Kilogram) বলে। ঐ চোঙের উচ্চতা ও ব্যাস সমান (প্রায় 39 mm.)।

দৈনন্দিন ব্যবহারিক ক্ষেত্রে **4°C উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার বিশুদ্ধ জলের ভরকে এক গ্রাম ধরা হয়।**

বেশি ভরকে প্রকাশ করার জন্য গ্রামের আগে **ডেকা, হেক্টো, কিলো,** ইত্যাদি শব্দ বসানো হয়। অল্প ভরকে প্রকাশ করার জন্য গ্রামের আগে **ডেসি, সেন্টি, মিলি** ইত্যাদি শব্দ বসানো হয়। যথা ঃ

10 মিলিগ্রাম = 1 সেন্টিগ্রাম = 0·01 গ্রাম	10 হেক্টোগ্রাম = 1 কিলোগ্রাম = 1000 গ্রাম
10 সেন্টিগ্রাম = 1 ডেসিগ্রাম = 0·1 গ্রাম	1 মেগাগ্রাম = 10^{6} গ্রাম
10 ডেসিগ্রাম = 1 গ্রাম	1 মাইক্রোগ্রাম = 10^{-6} গ্রাম
10 গ্রাম = 1 ডেকাগ্রাম	1 কুইন্টাল (quintal) = 100 কি. গ্রা. = 10^{5} গ্রাম
10 ডেকাগ্রাম = 1 হেক্টোগ্রাম	1 মেট্রিক টন = 10^{3} কিগ্রা.

● **সেকেন্ড ঃ** পৃথিবী নিজের অক্ষকে কেন্দ্র ক'রে দিনে একবার ঘোরে এবং সূর্যের চারদিকে এক বছরে একবার আবর্তন করে। ফলে সূর্য প্রতিদিন পৃথিবীকে একবার প্রদক্ষিণ ক'রছে ব'লে মনে হয়। কোন স্থানের ভৌগোলিক মধ্যরেখাকে (meridian) বা আকাশের মধ্যরেখাকে পরপর দুবার অতিক্রম ক'রতে সূর্যের যে সময় লাগে তাকে এক **সৌরদিন** (*solar day*) বলে। সারা বছরে এই সৌরদিনের পরিমাণ কিছু বদলায়। কারণ পৃথিবীর আপন কক্ষপথে ঘোরার গতি সারা বছর সমান থাকে না। তাই এক বছরের সৌরদিনগুলির অর্থাৎ 365·241 দিনের মাপের গড় নিয়ে গড় **সৌরদিন** (***mean solar day***) নির্ণয় করা হয়। এই গড় সৌরদিনের 24 ভাগের এক ভাগ হয় এক **ঘণ্টা,** এক ঘণ্টার 60 ভাগের এক ভাগ হয় এক **মিনিট** এবং এক মিনিটের 60 ভাগের এক ভাগ হয় **এক সেকেন্ড**। অর্থাৎ 1 গড় সৌরদিন = 24

ঘণ্টা = 24×60 মিনিট = $24 \times 60 \times 60$ সেকেন্ড = 86400 সেকেন্ড। কাজেই, 1 সেকেন্ড = $\frac{1}{86400}$ গড় সৌরদিন। এক্ষেত্রে সেকেন্ড মৌলিক একক এবং মিনিট, ঘণ্টা, দিন ইত্যাদি সময়ের লব্ধ একক।

এখানে একটা কথা বলা দরকার যে, পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে যে সময় নেয় প্রতি বছর তা একই থাকে না—সামান্য তফাৎ হয়। তাই সূক্ষ্ম সময় পরিমাপের জন্য 1900 খ্রীষ্টাব্দ বছরের আবর্তন কালকে এক সৌর বছর ধরা হয়। এই হিসেব অনুসারে এক সেকেন্ডের পরিমাপ 1900 খ্রীষ্টাব্দ বছরের 1/31, 556, 825·9747 অংশ।

(ii) **ফুট-পাউন্ড-সেকেন্ড পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক **ফুট** (*foot*), ভরের একক **পাউন্ড** (*pound*) এবং সময়ের একক **সেকেন্ড** (*second*)।

● **ফুট :** লন্ডনে (British Exchequer) অফিসে 62° ফারেনহাইট উষ্ণতায় একটি ব্রোঞ্জ দণ্ড আছে। এই দণ্ডের দুই প্রান্তে দু'টি সোনার প্লাগ আটকানো আছে। এই প্লাগদ্বয়ের উপরে দুটি দাগ দেওয়া আছে। 62°F উষ্ণতায় এই দাগদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বকে এক গজ (yard) ধরা হয় এবং এই দূরত্বের তিন ভাগের এক ভাগকে এক ফুট ধরা হয়। এক্ষেত্রে লব্ধ এককগুলি হ'ল ইঞ্চি, গজ, ফার্লং, মাইল ইত্যাদি। ইহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক :—

12 ইঞ্চি = 1 ফুট ; 3 ফুট = 1 গজ ; 220 গজ = 1 ফার্লং ; 1760 গজ = 1 মাইল।

● **পাউন্ড :** লন্ডনে অবস্থিত একটি নির্দিষ্ট চোঙাকৃতি প্লাটিনাম পিণ্ডের ভরকে এক **পাউন্ড** (*pound*) ধরা হয়। ইহাকে প্রামাণিক পাউন্ড (Prototype pound) বলা হয়।

এক্ষেত্রে লব্ধ এককগুলি ড্রাম, আউন্স, হন্দর, টন ইত্যাদি। ইহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক :—

16 ড্রাম = 1 আউন্স (oz)	4 কোয়ার্টার = 1 হন্দর (cwt)
16 আউন্স = 1 পাউন্ড (lb)	20 হন্দর = 1 টন (ton) = 2240 পাউন্ড (lb)
28 পাউন্ড = 1 কোয়ার্টার (qr)	

● **সময়ের পরিমাপ :** এই পদ্ধতিতেও সময়ের পরিমাপ **সেকেন্ড**।

(iii) **এম্. কে. এস্ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক **মিটার**, ভরের একক **কিলোগ্রাম** এবং সময়ের একক **সেকেন্ড**। এই পদ্ধতি সি. জি. এস্. পদ্ধতির অনুরূপ। এই দুই পদ্ধতিকেই সাধারণভাবে **দশমিক পদ্ধতি** বলে।

(iv) **এস্. আই. পদ্ধতি :** আজকাল বৈজ্ঞানিক পরিমাপে এস্. আই. পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক **মিটার**, ভরের একক **কিলোগ্রাম** এবং সময়ের একক **সেকেন্ড**। এই পদ্ধতি প্রবর্তনের পর এম্. কে. এস্. পদ্ধতি ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না।

● **সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের এককগুলির পারস্পরিক সম্পর্ক :**

1 সেন্টিমিটার = 0·3937 ইঞ্চি	1 ইঞ্চি = 2·54 সেন্টিমিটার
1 মিটার = 39·37 ইঞ্চি = 1·093 গজ	1 ফুট = 30·479 সেন্টিমিটার
1 কিলোমিটার = 0·6214 মাইল	1 মাইল = 1·609 কিলোমিটার

● **সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভরের এককগুলির পারস্পরিক সম্পর্ক :**

1 গ্রাম = 0·03528 আউন্স	1 আউন্স = 28·35 গ্রাম
1 কিলোগ্রাম = 2·205 পাউন্ড	1 পাউন্ড = 453·6 গ্রাম
	= 0·4536 কিলোগ্রাম

উদাহরণ 1·1. একটি বস্তুর ভর 100 পাউন্ড। কিলোগ্রাম এককে ইহার ভর কত ?

সমাধান : আমরা জানি যে, 1 পাউন্ড = 0·4536 কিলোগ্রাম। অতএব, 100 পাউন্ড = 0·4536 × 100 = 45·36 কিলোগ্রাম = 45 কিলো. 360 গ্রাম।

উদাহরণ 1·2. 200 মিটারকে গজে পরিণত কর।

সমাধান : আমরা জানি যে, 1 মিটার = 1·093 গজ।

অতএব, 200 মিটার = 200 × 1·093 = 218·6 গজ।

উদাহরণ 1·3. তোমার উচ্চতা 5 ফুট 8 ইঞ্চি হ'লে মিটার এককে তোমার উচ্চতা কত ?

সমাধান : আমার উচ্চতা = 5 ফুট 8 ইঞ্চি = 68 ইঞ্চি

আমরা জানি, 1 ইঞ্চি = 2·54 সেন্টিমিটার

কাজেই, আমার উচ্চতা = 68 × 2·54 = 172·72 সেন্টিমিটার

= 1·73 মিটার (প্রায়)

উদাহরণ 1·4. একটি মিনারের উচ্চতা 312 ফুট। মিটার এককে ইহার উচ্চতা কত ?

সমাধান : আমরা জানি, 1 ফুট = 30·48 সেন্টিমিটার

কাজেই, মিনারের উচ্চতা = 312 × 30·48

= 9509·76 সেন্টিমিটার

= 95·1 মিটার (প্রায়)

উদাহরণ 1·5. দুইটি স্থানের মধ্যবর্তী দূরত্ব 120 মাইল। এই দূরত্বকে কিলোমিটারে প্রকাশ কর।

সমাধান : আমরা জানি, 1 মাইল = 1·609 কিলোমিটার

কাজেই, কিলোমিটার এককে দুই স্থানের মধ্যবর্তী দূরত্ব

= 120 × 1·609 = 193·08 কিলোমিটার।

উদাহরণ 1·6. এক ব্যক্তি দোকান থেকে 100 পাউন্ড চাল কিনল। অপর এক ব্যক্তি দোকান থেকে 50 কিলোগ্রাম চাল কিনল। কোন্ ব্যক্তি বেশি চাল কিনল?

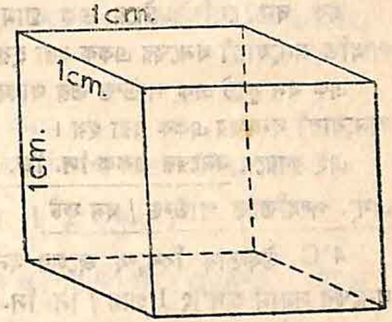
সমাধান ঃ আমরা জানি, 1 কিলোগ্রাম = 2·204 পাউন্ড

অতএব, 50 কিলোগ্রাম = 50 × 2·204 = 110·2 পাউন্ড

কাজেই, 50 কিলোগ্রাম 100 পাউন্ডের চেয়ে বেশি। সুতরাং দ্বিতীয় ব্যক্তি বেশি চাল কেনে।

1·5. কয়েকটি প্রাকৃতিক রাশি ও ইহাদের এককসমূহ (Some physical quantities and their units) ঃ

● **ক্ষেত্রফল ঃ** কোন তলে (surface) কতটা স্থান আছে ক্ষেত্রফল থেকে তাই জানা যায়। ক্ষেত্রফল পরিমাপ করার জন্য **বর্গ একক** ব্যবহার করা হয়। কোন বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 1 সেন্টিমিটার হ'লে ইহার ক্ষেত্রফল 1 বর্গ সেন্টিমিটার হয়। কাজেই, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষেত্রফলের একক **বর্গ সেন্টিমিটার**।



চিত্র 1

কোন বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 1 ফুট হ'লে ইহার ক্ষেত্রফল 1 বর্গফুট হয়। কাজেই এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষেত্রফলের একক **বর্গফুট**।

বর্গ কিলোমিটার, বর্গমাইল ইত্যাদি বড় মাপের এককও ব্যবহৃত হয়।

● **আয়তন ঃ** কোন বস্তু যে স্থান জুড়ে অবস্থান করে তাই ইহার আয়তন। আয়তন পরিমাপ করার জন্য **ঘন-একক** ব্যবহার করা হয়। কোন ঘনকের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 1 সেন্টিমিটার হ'লে ইহার আয়তন 1 ঘন সেন্টিমিটার বা 1 সি. সি. (1 cubic centimetre বা 1 c. c.) হয় (চিত্র 1)। কাজেই সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আয়তনের একক **ঘন সেন্টিমিটার** বা সি. সি.।

কোন ঘনকের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 1 ফুট হ'লে ইহার আয়তন 1 ঘন ফুট (1 cubic foot বা c. ft.) হয়। কাজেই, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে আয়তনের একক **ঘন ফুট**।

তরল পদার্থের আয়তনের একক হিসেবে সি. জি. এস. পদ্ধতিতে **লিটার** (*litre*) এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে **গ্যালন** (*gallon*) ব্যবহৃত হয়।

1 লিটার = 1000 সি. সি. (প্রায়)
1 গ্যালন = 4·54 লিটার

অল্প আয়তনের তরল পরিমাপের জন্য মিলিলিটার (ml) একক ব্যবহৃত হয়। 1 মিলিলিটার = 1·00028 সি. সি. = 1 সি. সি. (প্রায়)। এই কারণে 1 লিটার = 1000 সি. সি. নেওয়া হয়।

উদাহরণ 1·7. প্রতি গ্যালন দুধের দাম 10 টাকা হ'লে 15 লিটার দুধের দাম কত?

সমাধান : আমরা জানি যে, 4·54 লিটার = 1 গ্যালন।

অতএব, 15 লিটার $= \frac{15}{4 \cdot 54} = 3 \cdot 3$ গ্যালন (প্রায়)

কাজেই, 15 লিটার দুধের দাম $= 3 \cdot 3 \times 10 = 33$ টাকা।

● **পদার্থের ঘনত্ব** (*Density of a substance*) **:** **কোন পদার্থের প্রতি একক আয়তনে যে পরিমাণ ভর থাকে তাকে ইহার ঘনত্ব বলে।** অর্থাৎ,

$$\text{ঘনত্ব (D)} = \frac{\text{ভর (M)}}{\text{আয়তন (V)}}।$$

এক ঘন সেন্টিমিটারে এক গ্রাম ভর থাকলে পদার্থটির ঘনত্বকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এক ঘন ফুটে এক পাউন্ড ভর থাকলে পদার্থটির ঘনত্বকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এই কারণে **ঘনত্বের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে গ্রাম/সি. সি.** এবং **এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে পাউন্ড / ঘন ফুট।**

4°C উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী এক একক ঘনত্বের সমান অর্থাৎ 1 গ্রাম / সি. সি.।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী জলের ঘনত্ব 62·5 পাউন্ড / ঘনফুট।

লোহার ঘনত্ব 7·5 গ্রাম / সি. সি. ব'ললে বোঝায় যে, 1 সি. সি. আয়তন লোহার ভর 7·5 গ্রাম।

ঘনত্বের একক **লব্ধ** একক।

উদাহরণ 1·8. এক খণ্ড লোহার ভর 750 গ্রাম ও আয়তন 100 সি. সি.; লোহার ঘনত্ব কত?

সমাধান : এক্ষেত্রে, ভর M = 750 গ্রাম ও আয়তন V = 100 সি. সি.

অতএব, ঘনত্ব $D = \frac{M}{V} = \frac{750}{100} = 7 \cdot 5$ গ্রাম / সি. সি.।

● **বেগ :** এক একক সময়ে কোন বস্তু কোন নির্দিষ্ট দিকে যে দূরত্ব যায় তাকে উহার বেগ বলে। অর্থাৎ বেগ $= \frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{সময়}}$। এই কারণে বেগের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে সেন্টিমিটার / সেকেন্ড এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ফুট / সেকেন্ড।

● **ভরবেগ :** কোন গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে। কাজেই, ভরবেগের একক = ভরের একক × বেগের একক। অতএব, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ভরবেগের একক = গ্রাম × $\frac{\text{সেন্টিমিটার}}{\text{সেকেন্ড}}$ ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে

ভরবেগের একক = পাউন্ড × $\frac{\text{ফুট}}{\text{সেকেন্ড}}$ । অন্যান্য রাশির একক সম্পর্কে পদার্থবিদ্যায় আলোচনা করা হবে।

উদাহরণ 1·9. একটি উঠানের ক্ষেত্রফল 4 বর্গমিটার। বর্গফুট এককে ইহার ক্ষেত্রফল কত?

সমাধান : 4 বর্গমিটার = 4 × 1 মিটার × 1 মিটার
= 4 × (1 × 1·093) গজ × (1 × 1·093) গজ
= 4 × (1·093 × 3) ফুট × (1·093 × 3) ফুট
= (36 × 1·093 × 1·093) বর্গফুট
= 43 বর্গফুট।

উদাহরণ 1·10. একটি বস্তু কোন নির্দিষ্ট দিকে 10 সেকেন্ডে 500 সে. মি. গেলে উহার বেগ কত?

সমাধান : আমরা জানি যে, বেগ = $\frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{সময়}}$

এক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব = 500 সে. মি. ও সময় = 10 সেকেন্ড।

কাজেই, বেগ = $\frac{500}{10}$ = 50 সে. মি. / সেকেন্ড।

উদাহরণ 1·11. একটি গাড়ির ভর এক টন ও বেগ 44 ফুট / সেকেন্ড। উহার ভরবেগ কত?

সমাধান : আমরা জানি যে, ভরবেগ = ভর × বেগ
এক্ষেত্রে, ভর = 1 টন = 2240 পাউন্ড,
বেগ = 44 ফুট / সেকেন্ড
কাজেই, ভরবেগ = 2240 × 44 = 98560 প্যাউন্ড × $\frac{\text{ফুট}}{\text{সেকেন্ড}}$ ।

1·6. বিভিন্ন সাইজের একক ব্যবহারের কারণ (Reasons for using units of different sizes) : যে কোন বড় দূরত্ব পরিমাপের জন্য আমরা সি. জি. এস্. পদ্ধতির একক 'সেন্টিমিটার' ব্যবহার ক'রতে পারি। কিন্তু সুবিধার জন্য এই ছোট এককটি ব্যবহার করি না। কলকাতা থেকে দিল্লীর দূরত্ব সেন্টিমিটারে সূচিত না ক'রে কিলোমিটারে সূচিত করাই বেশি সুবিধাজনক। এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে ঐ দূরত্বকে ফুটে সূচিত করার পরিবর্তে মাইলে সূচিত করাই বেশি সুবিধাজনক। আবার পৃথিবী থেকে লক্ষ কোটি কিলোমিটার দূরের গ্রহ নক্ষত্রগুলির দূরত্ব পরিমাপ ক'রতে কিলোমিটার কিংবা মাইল ব্যবহার করা গেলেও বিজ্ঞানীরা সুবিধার জন্য অন্য ধরনের একক ব্যবহারের ব্যবস্থা ক'রেছেন। এই একক <u>আলোক বর্ষ</u> (*Light year*) এবং <u>পারসেক</u> (*Parsec*)। শূন্যস্থানে আলোক প্রতি সেকেন্ডে, 300,000 কিলোমিটার যায়। কাজেই এক বছরে আলোক যায় 300,000 × 60 × 60 × 24 × 365 কিলোমিটার বা 224,659,200,000,000 কিলোমিটার। এই দূরত্বকেই আলোক

বর্ষ বলে। অর্থাৎ আলোক এক বছরে যে দূরত্ব যায় তাই আলোকবর্ষ। এক পারসেক হ'ল এক আলোকবর্ষের 3·26 গুণ। আবার খুব ছোট দৈর্ঘ্য, যেমন আলোকের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ইত্যাদি মাপার জন্য আরো কতকগুলি একক ব্যবহার করা হয়। যেমন 1 মাইক্রন (M) $=10^{-4}$ সে. মি.; 1 অ্যাংস্ট্রম (Å) $=10^{-8}$ সে.মি. এবং 1 X-একক (X.U.) $=10^{-11}$ সে. মি.। মনে রাখবে যে, বড় বা ছোট সাইজের এককের সাহায্যে দূরত্ব সূচিত করাতে দূরত্বের কোন পরিবর্তন হয় না, একক সংখ্যাই কেবলমাত্র কম বা বেশি হয়।

ভরের ক্ষেত্রেও এই একই নিয়ম প্রযোজ্য। 100000 গ্রাম চালের পরিবর্তে 1 কুইন্টাল চাল বলাই বেশি সুবিধাজনক। সময়ের ক্ষেত্রেও অনুরূপভাবে আমরা সুবিধা অনুযায়ী সেকেন্ড, মিনিট, ঘণ্টা, দিন, বছর ইত্যাদি ব্যবহার করি।

● **সি. জি. এস্. পদ্ধতির সুবিধা (Advantage of C. G. S. system) :**

(i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের কোন একক ইহার ঠিক পরের ছোট এককের থেকে দশগুণ বড় এবং ইহার ঠিক পরের বড় এককের দশভাগের একভাগ। সুতরাং এই পদ্ধতিতে এক একক থেকে অপর এককে পরিবর্তনের জন্য 10 দিয়ে গুণ বা ভাগ ক'রতে হয়। অর্থাৎ যে সংখ্যা দিয়ে দৈর্ঘ্যের পরিমাপ দেওয়া আছে সেই সংখ্যায় দশমিক বিন্দুকে হিসেব মত ডানদিকে অথবা বাঁদিকে বসিয়ে খুব সহজেই নতুন এককে ঐ দৈর্ঘ্যের মান পাওয়া যায়। ভরের ক্ষেত্রেও দশমিক বিন্দুকে হিসেব মত বসিয়ে নতুন এককে ভরের মান পাওয়া যায়। যেমন 68·5 সেমি. $=68{\cdot}5\times10$ মিমি. $=685$ মিমি.। এক্ষেত্রে দশমিক বিন্দুকে এক ঘর ডানদিকে সরানো হ'য়েছে। আবার 68·5 সেমি. $=\frac{68{\cdot}5}{100}$ মি. $=0{\cdot}685$ মি.। এক্ষেত্রে দশমিক বিন্দুকে দুই ঘর বাঁদিকে সরানো হ'য়েছে। অনুরূপভাবে 50·9 গ্রাম $=50{\cdot}9\times10$ ডেসিগ্রা. $=509$ ডেসিগ্রা.। এক্ষেত্রে দশমিক বিন্দুকে ডান দিকে এক ঘর সরানো হ'য়েছে। আবার 50·9 গ্রাম $=\frac{50{\cdot}9}{1000}$ কিগ্রা. $=0{\cdot}0509$ কিগ্রা.। এক্ষেত্রে দশমিক বিন্দুকে তিন ঘর বাঁদিকে সরানো হ'য়েছে।

এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে কেবলমাত্র দশমিক বিন্দুকে ডান দিকে বা বাঁদিকে সরিয়ে কোন রাশির মানকে এক একক থেকে অন্য এককে পরিবর্তন করা যায় না। প্রতিক্ষেত্রে গুণ বা ভাগ ক'রে অন্য এককে রাশির মান নির্ণয় ক'রতে হয়। যেমন 1 ফুট $=1\div3$ গজ $=0{\cdot}33$ গজ (প্রায়)। এক্ষেত্রে দশমিক বিন্দু সরিয়ে উত্তর পাওয়া যায় না, 3 দিয়ে ভাগ ক'রতে হয়। আবার 1·2 টন $=1{\cdot}2\times2240$ পাউন্ড। এক্ষেত্রে 2240 দিয়ে গুণ ক'রতে হয়।

(ii) সি. জি. এস্. পদ্ধতির অপর একটি সুবিধা, আয়তন ও ভরের মধ্যে সহজ সম্পর্ক। যেমন, সাধারণত এক ঘন সেমি. জলের ভর এক গ্রাম। কাজেই বোঝা যায় যে, যত ঘন সেমি. জল তত গ্রাম হয় ইহার ভর। এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে এক ঘন ফুট জলের ভর 62·5 পাউন্ড। সুতরাং এই পদ্ধতিতে 62·5 দিয়ে গুণ বা ভাগ ক'রে আয়তন ও ভরের সম্পর্ক নির্ণয় ক'রতে হয়।

(iii) সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. উভয় পদ্ধতিতে সময়ের একক অভিন্ন হওয়ায় সময় পরিমাপের ক্ষেত্রে কোন পদ্ধতিরই সুবিধা বা অসুবিধার প্রশ্ন ওঠে না।

সি. জি. এস্. পদ্ধতির উপরিউক্ত সুবিধাগুলি থাকার জন্য বৈজ্ঞানিক পরিমাপে এই পদ্ধতিই বেশি ব্যবহৃত হয়।

1·7. পরিমাপ প্রণালী (Measuring devices) ঃ

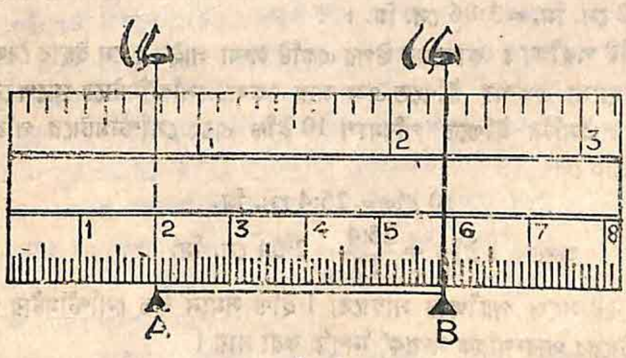
দৈর্ঘ্য, ভর, আয়তন ও সময় পরিমাপের জন্য সাধারণ পদ্ধতি এবং প্রয়োজনীয় যন্ত্রাদি সম্পর্কে নীচে আলোচনা করা হ'য়েছে। এই সব যন্ত্রের সাহায্যে বিভিন্ন রাশির কেবলমাত্র প্রাথমিক সূক্ষ্মতা পাওয়া যায়।

● **দৈর্ঘ্যের পরিমাপ (Measurement of length) ঃ** দৈর্ঘ্য পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রকে **সাধারণ স্কেল** (*common scale*) বলে। এই স্কেল পাতলা কাঠ, ইস্পাত বা প্লাস্টিক দিয়ে তৈরী। ইহা চওড়ায় 1 ইঞ্চি থেকে 1·5 ইঞ্চি পর্যন্ত হয় এবং লম্বায় 1 মিটার, $\frac{1}{2}$ মিটার বা 1 ফুট পর্যন্ত হয়। ইহার একদিকে ইঞ্চির হিসেবে এবং অপরদিকে সেন্টিমিটারের হিসেবে দাগ কাটা থাকে। প্রত্যেক সেন্টিমিটার আবার দশভাগে ভাগ করা থাকে। অর্থাৎ প্রত্যেক ছোট ভাগের মান 1 মিলিমিটার। প্রত্যেক ইঞ্চি 8, 10 বা 16 ভাগে ভাগ করা থাকে। দৈর্ঘ্য অনুযায়ী এই স্কেলকে মিটার স্কেল, অর্ধ-মিটার স্কেল বা ফুট স্কেল বলে।

● **সাধারণ স্কেলের ব্যবহার প্রণালী ঃ** মনে করি, AB লাইনের দৈর্ঘ্য মাপতে হবে (চিত্র 2)।

(i) এই AB লাইনের উপর স্কেলকে খাড়াভাবে রাখতে হয়, শুইয়ে রাখা যায় না।

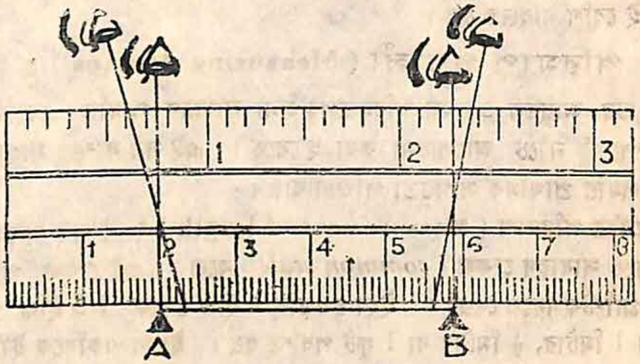
(ii) স্কেলের সেন্টিমিটারে দাগ কাটা পাশকে AB লাইনের গায়ে খাড়াভাবে রেখে A প্রান্তকে স্কেলের কোন একটি নির্দিষ্ট দাগের সঙ্গে (চিত্র 2 এ 2 নং দাগ) মেলাতে হয়।



চিত্র 2

(iii) ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে স্কেলের প্রান্তভাগ ক্ষয়ে যায়। তাই মাপার সময় স্কেলের দুইপ্রান্ত ব্যবহার করা উচিত নয়।

(iv) স্কেলে পাঠ নেবার সময় চোখের দৃষ্টিকে সর্বদা লম্বভাবে রাখতে হয়। আড়াআড়ি দেখে পাঠ নিলে ভুল হয় (চিত্র 3)। এইরূপ ভুলকে **প্যারালাক্স** (parallax) বা **লম্বন ত্রুটি** বলে।



চিত্র 3

(v) স্কেলের উপর কাটা দাগগুলি ত্রুটিপূর্ণ হ'তে পারে। তাই বাঁদিকের প্রান্ত বিন্দু A এর অবস্থান স্কেল বরাবর পরিবর্তন ক'রে বেশ কয়েকবার পাঠ নিয়ে গড় পাঠ নির্ণয় ক'রতে হয়।

(vi) AB লাইনের B প্রান্ত স্কেলের কোন দাগের সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে মিলে গেলে পাঠ নেওয়া খুব সহজ হয়। কিন্তু অনেক সময় B প্রান্ত স্কেলের কোন নির্দিষ্ট দাগের সংগে মেলে না। 2নং চিত্রে দেখা যায় যে, B বিন্দুর পাঠ 5·8 দাগের থেকে বেশি কিন্তু 5·9 দাগের কম। এইরূপ ক্ষেত্রে 5·8 থেকে 5·9 পর্যন্ত স্থান মনে মনে দশভাগে ভাগ ক'রে কটা ভাগ B বিন্দু দখল করে তা ঠিক ক'রে নিতে হয়। ইহাকে **চোখের আন্দাজ (*eye estimation*)** বলে। মনে করি, B বিন্দুর পাঠ 5·86 সে· মি·। তাহ'লে AB লাইনের দৈর্ঘ্য = B প্রান্তের পাঠ − A প্রান্তের পাঠ = 5·86 সে. মি. − 2 সে. মি. = 3·86 সে. মি.।

● **একটি পরীক্ষা** ঃ কাগজের উপর একটি লম্বা লাইন টেনে ইহার দৈর্ঘ্য সাধারণ স্কেলের সাহায্যে একবার ইঞ্চিতে এবং আর একবার সেণ্টিমিটারে মেপে নেওয়া হয়। মনে করি, লাইনটির ইঞ্চিতে পরিমাপ 10 ইঞ্চি এবং সেণ্টিমিটারে পরিমাপ 25·4 সে·মি·। তাহ'লে

$$10 \text{ ইঞ্চি} = 25{\cdot}4 \text{ সে. মি.}$$

$$\text{অতএব } 1 \text{ ইঞ্চি} = \frac{25{\cdot}4}{10} = 2{\cdot}54 \text{ সে. মি.}$$

সুতরাং এই সহজ পরীক্ষার সাহায্যে 1 ইঞ্চি সমান কত সেণ্টিমিটার অর্থাৎ ইঞ্চি ও সেণ্টিমিটারের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

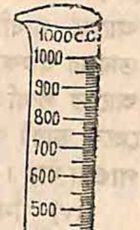
● **সাধারণ স্কেলের অসুবিধা** ঃ সাধারণ স্কেল দ্বারা মাপা দৈর্ঘ্য একেবারে নির্ভুল হয় না। কাজেই, খুব ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য ইহার সাহায্যে মাপা যায় না। আবার খুব বড় দৈর্ঘ্য যেমন রাস্তা-ঘাট, রেল-লাইন ইত্যাদি মাপার কাজেও সাধারণ স্কেল

ব্যবহার করা অসুবিধাজনক। তাছাড়া সাধারণ স্কেল দ্বারা কোন নলের ভিতরের বা বাইরের ব্যাস মাপা যায় না। এই কাজের জন্য সরল ক্যালিপার ব্যবহার করা হয়। সাধারণত, ছোট দৈর্ঘ্য মাপার কাজে বস্তুর আকৃতি অনুযায়ী ভার্নিয়ার স্কেল (vernier scale), স্ক্রু গেজ (screw guage), স্ফেরোমিটার (spherometer) ইত্যাদি যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

আমরা জানি যে, সাধারণ স্কেল কাঠ, প্লাস্টিক বা ধাতু নির্মিত হয়। তাই উষ্ণতা বাড়লে বা কমলে এই স্কেলগুলির দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ বিভিন্ন উষ্ণতায় স্কেলের দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হয়। তাই কোন বস্তুর দৈর্ঘ্য, এই স্কেল দিয়ে মাপলে বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন রকম মাপ পাওয়া যায়, প্রত্যেক বার একই উষ্ণতায় না মাপলে দৈর্ঘ্যের সঠিক পরিমাপ পাওয়া যায় না। অবশ্য যে পদার্থ দিয়ে স্কেল তৈরী, উষ্ণতার সঙ্গে তার দৈর্ঘ্যের পরিবর্তনের হার সঠিকভাবে জানা থাকলে হিসেব ক'রে দৈর্ঘ্যের সঠিক পরিমাপ নির্ণয় করা যায়। আবার এমন কোন পদার্থ দিয়ে স্কেল তৈরি করা যেতে পারে যে, ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন উষ্ণতার পরিবর্তনের সঙ্গে অতি অল্প মাত্রায় হয়। যেমন ইনভার (invar) নামে একটি সংকর ধাতু নির্মিত স্কেলের দৈর্ঘ্য উষ্ণতা পরিবর্তনে অপেক্ষাকৃত অল্প পরিবর্তিত হয়। কিন্তু ইনভার খুব মূল্যবান হওয়ায় ইনভার নির্মিত স্কেলের ব্যবহার সাধারণত দেখা যায় না।

● **আয়তনের পরিমাপ (Measurement of volume) :**

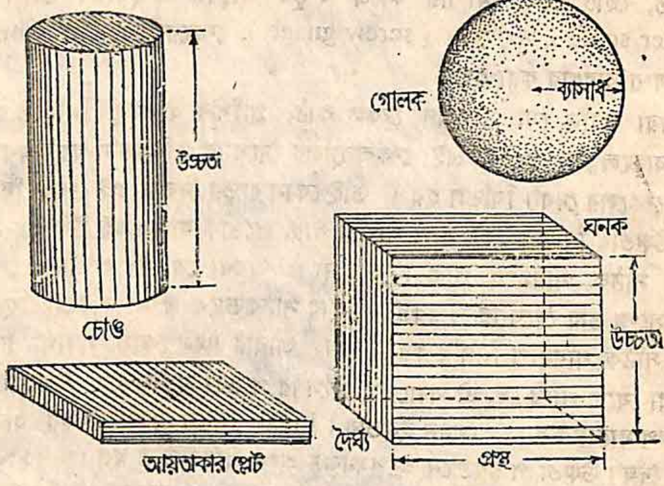
কোন অনির্দিষ্ট আকারের কঠিন বস্তু এবং তরলের আয়তন নির্ণয় করার জন্য মাপক চোঙ (measuring cylinder) ব্যবহার করা হয়। ইহা ঘন সেন্টিমিটার বা সি.সি.তে দাগ কাটা কাচের তৈরী চোঙ (চিত্র 4)। মনে করি, একটি কঠিন বস্তুর আয়তন নির্ণয় ক'রতে হবে। প্রথমে মাপক চোঙকে কিছুটা তরল পূর্ণ করে **তরল তল বরাবর চোখ** রেখে তরল চোঙের যে দাগ বরাবর আছে তার পাঠ নেওয়া হয়। তারপর বস্তুকে ধীরে ধীরে চোঙের ভিতরে ছেড়ে দেওয়া হয়। ইহাতে চোঙের তরল তল খানিকটা উপরে ওঠে। **তরল তল বরাবর চোখ** রেখে ঐ অবস্থায় তরল তলের পাঠ নেওয়া হয়। এই পাঠ ও প্রথম পাঠের পার্থক্যই হয় কঠিন বস্তুর আয়তন। বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে দেখা যায় যে, একই সময়ে একই স্থানে দু'টি বস্তু থাকতে পারে না। বস্তুর এই ধর্মের নাম **অভেদ্যতা** (*impenetrability*)। কঠিন বস্তুকে তরলে ডোবালেই তরল সরে গিয়ে বস্তুর জন্য স্থান ক'রে দেয়। বস্তুর যতটা আয়তন, ঠিক তত আয়তনের তরল সরে যায়। তাই স্থানচ্যুত তরলের আয়তন থেকে বস্তুর আয়তনের পরিমাপ পাওয়া যায়।



চিত্র 4

মাপক চোঙের সাহায্যে তরলের আয়তন সহজেই নির্ণয় করা যায়। তরলকে মাপক চোঙের ভিতরে ঢেলে মাপক চোঙকে কোন তলে রেখে ইহার অভ্যন্তরস্থ তরল তলের পাঠ নেওয়া হয়। এই পাঠই তরলের আয়তন।

● **মন্তব্য ঃ** মাপক চোঙ দিয়ে আয়তন নির্ণয়ের জন্য নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখা উচিত।



চিত্র 5

(i) বস্তুকে তরলে ডোবানোর সময় যেন তরল ছিটকে না যায়।

(ii) বস্তু যেন তরলে দ্রবণীয় না হয় ও তরলের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়া না করে।

(iii) অনেক হাল্কা বস্তু আছে যা অধিকাংশ তরলে ভাসে। এইরূপ ক্ষেত্রে বস্তুর সঙ্গে আর একটি ভারী বস্তু সুতো দিয়ে বেঁধে উভয়কে একসঙ্গে মাপক চোঙের তরলে ডোবানো হয় এবং আগের পদ্ধতিতে ঐ বস্তুদ্বয়ের মোট আয়তন নির্ণয় করা হয়। তারপর হাল্কা বস্তু খুলে নিয়ে কেবল ভারী বস্তুর আয়তন আগের পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয়। উভয় বস্তুর মোট আয়তন থেকে ভারী বস্তুর আয়তন বিয়োগ ক'রলে হাল্কা বস্তুর আয়তন পাওয়া যায়।

(iv) নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট বস্তুর আয়তন জ্যামিতিক হিসেব থেকেই পাওয়া যায়। যেমন গোলকের আয়তন $\frac{4}{3}\pi \times$ (গোলকের ব্যাসার্ধ)^3, এখানে $\pi = \frac{22}{7}$। কোন চোঙের আয়তন $= \pi \times$ (ভূমির ব্যাসার্ধ)$^2 \times$ উচ্চতা। কোন আয়তাকার প্লেটের আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা। কোন ঘনকের আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা = (দৈর্ঘ্য)^3 ইত্যাদি (চিত্র 5)।

অল্প পরিমাণ তরলের আয়তন মাপার জন্য বিউরেট (burette) ও পিপেট (pipette) (চিত্র 6 ও 7) ব্যবহার করা হয়। ইহাদের সাহায্যে সাধারণ মাপক চোঙের চেয়ে অনেক বেশি সূক্ষ্মভাবে তরলের আয়তন মাপা যায়।



চিত্র 6



চিত্র 7

● **কয়েকটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট বস্তুর আয়তন ও আয়তন নির্ণয়ের সূত্র :**

আয়তাকার ঘনকের আয়তন = দৈর্ঘ্য (l) × প্রস্থ (b) × উচ্চতা (h)
$= l \times b \times h$
ঘনকের আয়তন = [দৈর্ঘ্য (l)]$^3 = l^3$
চোঙের আয়তন = π × [ব্যাসার্ধ (r)]^2 × উচ্চতা $(h) = \pi r^2 h$
শঙ্কুর আয়তন = $\frac{1}{3}\pi$ × [ভূমির ব্যাসার্ধ (r)]^2 × উচ্চতা (h)
$= \frac{1}{3}\pi r^2 h$
গোলকের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi$ × [ব্যাসার্ধ (r)]$^3 = \frac{4}{3}\pi r^3$

উদাহরণ 1·12. একটি ধাতব গোলকের ব্যাস 18 সে.মি.। ইহার আয়তন কত ?

সমাধান : আমরা জানি যে, গোলকের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3$; এক্ষেত্রে $r = \frac{18}{2} =$ 9 সে.মি.। অতএব,

গোলকের আয়তন $= \frac{4}{3} \times 3{\cdot}14 \times (9)^3 = 3052{\cdot}1$ c.c. (প্রায়)।

● **ভরের পরিমাপ (Measurement of mass) :**

কোন বস্তুর মধ্যে যতটা পদার্থ (matter) আছে তাকে ইহার ভর বলে। ভর নির্ণয় করার জন্য সাধারণত যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাকে **সাধারণ তুলা যন্ত্র** (*common balance*) বলে (চিত্র 8)। কতকগুলি প্রমাণ বাটখারা (standard weights) এবং এই যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর ভর মাপা যায়। পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত তুলাযন্ত্রের সাহায্যে সূক্ষ্মভাবে বস্তুর ভর মাপা যায়।

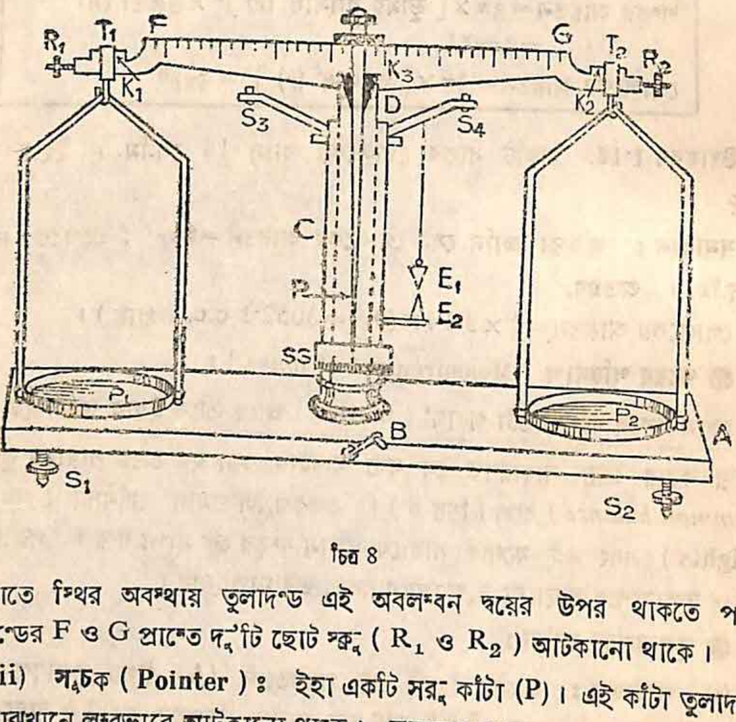
● **তুলাযন্ত্রের বর্ণনা :**

(i) **পাটাতন :** কাঠের তৈরী এই পাটাতনের (A) উপর তুলাযন্ত্র বসানো থাকে (চিত্র 8)। ইহার নীচে তিনটি স্ক্রু আছে—পিছনে একটি ও সামনে দু'টি (S_1 ও S_2)। সামনের স্ক্রু দ্বয়কে ঘুরিয়ে পাটাতনকে উঁচু-নীচু করা যায়। কাজেই, এই স্ক্রু দ্বয়ের সাহায্যে যন্ত্রকে খাড়াভাবে (vertical) রাখা যায়। ওলন E_1-এর সাহায্যে যন্ত্র খাড়াভাবে আছে কিনা জানা যায়।

ধূলাবালি ও বায়ুপ্রবাহ থেকে রক্ষা করার জন্য তুলাযন্ত্রকে কাচের দেওয়াল দেওয়া কাঠের বাক্সের মধ্যে রাখা হয়।

(ii) **তুলাদণ্ড (Balance beam) :** সাধারণত ইহা একটি পিতলের দণ্ড (FG)। এই দন্ডের ঠিক মাঝখানে একটি অ্যাগেট (agate) অথবা ইস্পাতের তৈরী ত্রিভুজাকৃতি ক্ষুরধার (knife-edge) টুকরো (K_3) শক্তভাবে আটকানো থাকে। এই টুকরোকে একটি ছোট অ্যাগেট প্লেটের উপর রাখা হয় এবং অ্যাগেট প্লেটকে একটি

খাড়া স্তম্ভ (pillar) C-এর মধ্যস্থিত দণ্ড D-এর সঙ্গে যুক্ত করা হয়। পাটাতনের সঙ্গে যুক্ত B চাবিকে ঘুরিয়ে এই দণ্ডকে ওঠানো বা নামানো যায়। উপরে ওঠালে K_3-এর উপরিস্থিত তুলাদণ্ড ইহার ক্ষুরধারের উপর দুলতে থাকে এবং নীচে নামিয়ে রাখলে তুলাদণ্ড স্থির থাকে। K_3-এর ধারকে **আলম্ব** (*fulcrum*) বলে। স্তম্ভ C-এর নীচে দাগ কাটা স্কেল (SS) থাকে এবং উপরের দিকে দুপাশে ফ্রেম আটকানো থাকে। ফ্রেমটির দু'পাশে সমান দূরে দুটি অবলম্বন (S_3 ও S_4) এমনভাবে রাখা



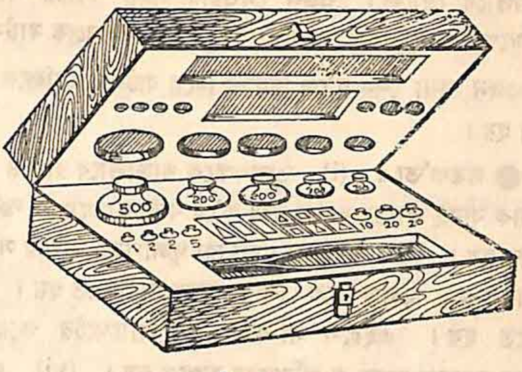
চিত্র 8

হয় যাতে স্থির অবস্থায় তুলাদণ্ড এই অবলম্বন দ্বয়ের উপর থাকতে পারে। তুলাদণ্ডের F ও G প্রান্তে দুটি ছোট স্ক্রু (R_1 ও R_2) আটকানো থাকে।

(iii) **সূচক (Pointer) :** ইহা একটি সরু কাঁটা (P)। এই কাঁটা তুলাদণ্ডের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আটকানো থাকে। তুলাদণ্ড দুলতে থাকলে সূচকও দুলতে থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণপ্রান্ত (pointed end) SS স্কেলের গা ঘেঁষে চলতে থাকে। তুলাদণ্ড স্থির থাকলে সূচকের তীক্ষ্ণপ্রান্ত স্কেলের C-দাগের সঙ্গে মিলে স্থির অবস্থায় থাকে।

(iv) **তুলাপাত্র (Scale pan) :** অ্যাগেট K_1 ও K_2 আলম্ব থেকে সমান দূরে তুলাদণ্ডের উপর অবস্থিত। ইহাদের উপরে রাখা স্টিরাপ (stirrup) T_1 ও T_2 থেকে হুকের সাহায্যে সমান ওজনের পাত্র P_1 ও P_2 ঝোলানো হয়। তুলাপাত্রদ্বয় খালি অবস্থায় যদি তুলাদণ্ড অনুভূমিক না হয় তাহ'লে R_1 ও R_2 স্ক্রু ঘুরিয়ে ইহাকে অনুভূমিক করা হয়। বামদিকের তুলাপাত্রে বস্তু ও ডানদিকের তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখা হয়।

● **ওজন বাক্স (Weight box) :** প্রমাণ বাটখারার একটি বাক্স (চিত্র 9) তুলাদণ্ডের সঙ্গে ব্যবহার করা হয়। এই বাক্সের বিভিন্ন খাপে বিভিন্ন ভরের প্রমাণ বাটখারা সাজান থাকে। গ্রাম ভরগুলি পিতলের। গ্রামের ভগ্নাংশগুলি অ্যালুমিনিয়ামের বা নিকেল করা লোহার তৈরী। ইহাদের গায়ে যথাক্রমে "g" (অর্থাৎ গ্রাম) ও "mg" (অর্থাৎ মিলিগ্রাম) লেখা থাকে।



চিত্র 9

ছোট ভরগুলি (mg) বাক্সের লম্বা খাপে প্লাস্টিকের পাতলা পাত দিয়ে ঢাকা থাকে। বাটখারাগুলিকে হাত দিয়ে ধরা উচিত নয়। তাই ওজন বাক্সে একটি চিমটা (forcep) দেওয়া থাকে। নীচে বাটখারাগুলির তালিকা দেওয়া হ'য়েছে :—

পিতলের বাটখারা : 500 g, 200 g, 200 g, 100 g, 50 g, 20 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g, 2 g, 1 g.

অ্যালুমিনিয়ামের বাটখারা : 500 mg, 200 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg, 20 mg, 10 mg.

● **তুলাযন্ত্রের নীতি (Principle of a balance) :** মনে করি, বাঁ দিকের তুলাপাত্রে (চিত্র 8) একটি M ভরের বস্তু ও ডান দিকের তুলাপাত্রে 'm' ভরের বাটখারা রেখে FG দণ্ডকে অনুভূমিক করা হয়। এক্ষেত্রে M ভরের বস্তুর ওজন K_3 আলম্বকে কেন্দ্র ক'রে FG দণ্ডকে যতটা বাঁ দিকে ঘোরাতে চেষ্টা করে, m ভরের বস্তুর ওজন ঐ দণ্ডকে ঠিক ততটা ডানদিকে ঘোরাবার চেষ্টা করে। কিন্তু দণ্ডটি অনুভূমিক থাকায় লেখা যায়—

$$Mg \times FK_3 = mg \times GK_3$$

আবার $FK_3 = GK_3$ হওয়ায় $M = m$। সুতরাং ডান তুলাপাত্রে রাখা বাটখারার ভরের সমানই বস্তুর ভর।

● **তুলাযন্ত্রের ব্যবহার প্রণালী :** (i) S_1 ও S_2 স্ক্রু ঘুরিয়ে তুলাযন্ত্রকে খাড়াভাবে রাখা হয়।

(ii) B স্ক্রু ঘুরিয়ে তুলাদণ্ডকে উপরে তোলা হয়। এই অবস্থায় সূচক (P) স্কেলের শূন্য দাগে স্থির থাকে অথবা ইহার দুপাশে সমানভাবে দোলে।

(iii) বস্তুকে বাঁ দিকের তুলাপাত্রে রেখে ডান দিকের তুলাপাত্রে চিমটার সাহায্যে বাটখারা রাখা হয়। বাটখারাভরের পরিমাণ ক্রমশ বাড়িয়ে এমন করা হয় যাতে

তুলাদণ্ডকে উপরে তুললে সূচক স্কেলের শূন্য দাগে স্থির থাকে অথবা ইহার দু'পাশে সমানভাবে দোলে। ওজন নেওয়ার সময় কাচের বাক্সের দরজা বন্ধ ক'রতে হয়। তুলাদণ্ডের অনুভূমিক অবস্থায় **বস্তুর ভর = ব্যবহৃত বাটখারাগুলির মোট ভর।**

ওজন করা শেষ হ'লে চিমটা দিয়ে বাটখারাগুলিকে ওজন বাক্সে যথাস্থানে তুলে রাখা হয়।

● **সতর্কতা :** (i) তুলাযন্ত্রকে খাড়াভাবে রাখতে হয়। (ii) ওজন করার সময় প্রত্যেক বারই কাচের দরজা বন্ধ ক'রে বাইরে থেকে B স্ক্রু ঘুরিয়ে তুলাদণ্ডকে উপরে তুলতে হয়। (iii) বস্তু বা বাটখারা তুলাপাত্রে রাখার সময় বা তুলাপাত্র থেকে সরিয়ে নেবার সময় তুলাদণ্ডকে স্থির অবস্থায় রাখতে হয়। (iv) তুলাদণ্ডকে ধীরে ধীরে তুলতে হয়। এইরূপ না করা হ'লে অ্যাগেটের ক্ষুরধার ভোঁতা হ'য়ে যায়। (v) তুলাপাত্রদ্বয়কে শুষ্ক ও পরিষ্কার রাখতে হয়। (vi) খুব ভারী বস্তুকে বা উত্তপ্ত বস্তুকে তুলাযন্ত্রে ওজন করা উচিত নয়।

1·95. ভাল তুলাযন্ত্রের গুণাবলী (Requisites of a good balance) :

একটি ভাল তুলাযন্ত্রে নীচের গুণগুলি বর্তমান থাকে—

(i) **নির্ভুল বা সঠিক (true) :** তুলাযন্ত্রকে সঠিক হ'তে হয়। অর্থাৎ তুলা পাত্রদ্বয় খালি থাকলে বা দু'দিকের তুলাপাত্রে সমান ভরের বস্তু থাকলে তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক হ'তে হয় এবং সমগ্র তুলাযন্ত্রের ভারকেন্দ্রকে আলম্বের ঠিক নীচে থাকতে হয়। তাই তুলা পাত্রদ্বয়ের ওজন সমান হ'তে হয় এবং তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য ও ওজন সমান হ'তে হয়।

(ii) **সুবেদী (sensitive) :** তুলাযন্ত্রকে সুবেদী হ'তে হয়। অর্থাৎ তুলা পাত্রদ্বয়ের মধ্যে সামান্য ভরের তফাৎ হ'লেই যেন তুলাদণ্ড আর অনুভূমিক না থাকে। তাই তুলাদণ্ডের দুই বাহুকে হালকা ও লম্বা হ'তে হয় এবং সমগ্র তুলাযন্ত্রের ভারকেন্দ্রকে আলম্বের খাড়া নীচে ইহার কাছাকাছি থাকতে হয়।

(iii) **সুপ্রতিষ্ঠ (stable) :** তুলাযন্ত্রকে সুপ্রতিষ্ঠ হ'তে হয়। অর্থাৎ যদি সাম্য অবস্থান থেকে স্থানচ্যুত হয় তবে সূচক যেন খুব শীঘ্র সাম্য অবস্থানে ফিরে আসে।

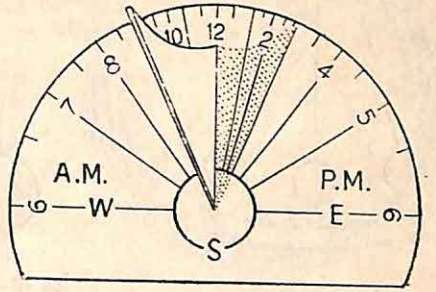
(iv) **সুদৃঢ় (rigid) :** তুলাযন্ত্রকে সুদৃঢ় হ'তে হয়। অর্থাৎ তুলাযন্ত্র ব্যবহার করার সময় যেন ইহার বিভিন্ন অংশ বেঁকে না যায়।

● **সময়ের পরিমাপ (Measurement of time) :** কোন ঘটনা নির্দিষ্ট অবকাশে (interval) ঘটলে ইহার সাহায্যে সময় মাপা যায়।

সাধারণত সময় মাপার জন্য ঘড়ি ব্যবহার করা হয়। প্রাচীন কালে সময় মাপার জন্য সূর্য-ঘড়ি (sun dial), বালি ঘড়ি ইত্যাদি ব্যবহৃত হ'ত ; বর্তমানে বেশি সময়

মাপার জন্য দোলক ঘড়ি, হাত ঘড়ি বা পকেট ঘড়ি ব্যবহৃত হয়। কিন্তু পরীক্ষাগারে অল্প সময়ের ব্যবধান মাপার জন্য বিশেষ ধরনের ঘড়ি ব্যবহার করা হয়। ইহাদের স্টপ-ওয়াচ (stop watch) ও স্টপ-ক্লক (stop clock) বলে। এই ঘড়িগুলি দু'টি ঘটনা বা পর্যবেক্ষণের মধ্যবর্তী সময় সূক্ষ্মভাবে হিসেব ক'রতে পারে।

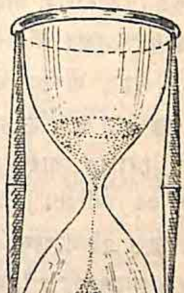
সূর্যঘড়ি (Sun dial) : সূর্যালোককে কাজে লাগিয়ে এই ঘড়িতে সময় মাপা হয়। ইহাতে একটি গোলীয় সমতল তলের উপর সময় নির্দেশক দাগ কাটা থাকে (চিত্র 10)। এই তলের উপর একটি স্বচ্ছ ত্রিভুজাকৃতি ফলক এমন ভাবে বসানো থাকে যেন উহার উপরের প্রান্ত আকাশে ধ্রুবতারার দিক নির্দেশ করে। ইহার দরুন সব ঋতুতেই নির্দিষ্ট স্থানীয় সময়ে (local time) ঐ প্রান্তের ছায়া একই সরল রেখায় থাকে। সময় নির্দেশক দাগের উপর এই ছায়ার অবস্থান থেকে স্থানীয় সময় নির্ণয় করা যায়।



চিত্র 10

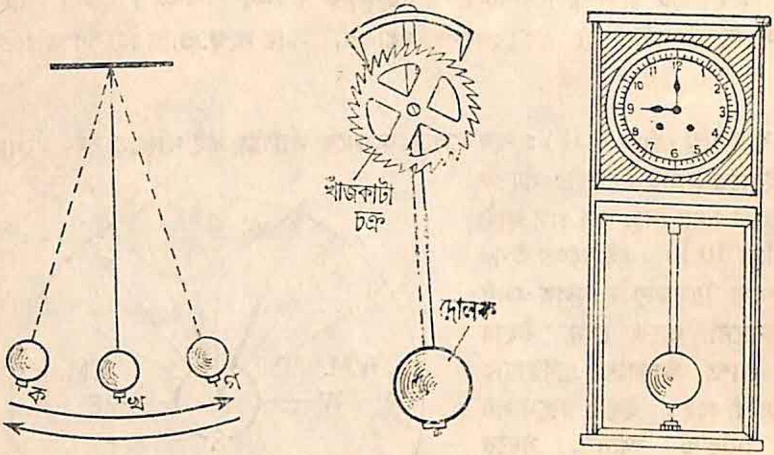
এই ঘড়ির সাহায্যে দিনের বেলায় সূর্যের আলো যতক্ষণ ফলকের ছায়া ফেলতে পারে কেবলমাত্র ততক্ষণই সময় জানা যায়।

বালি ঘড়ি (Sand watch) : ইহাতে একটি বিশেষ-আকৃতির কাচ পাত্রের উপরের অংশে বালি থাকে (চিত্র 11)। এই বালি পাত্রের মাঝখানের সরু পথ দিয়ে একটি নির্দিষ্ট সময়ে ও নির্দিষ্ট পরিমাণে নীচের অংশে পড়ে। তাই উপরের পাত্র খালি হ'তে নির্দিষ্ট সময় লাগে। সব বালি প'ড়ে গেলে পাত্রকে উল্টিয়ে বসানো হয়।


চিত্র 11

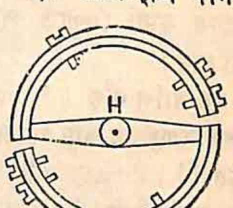
দোলক ঘড়ি (Pendulum clock) : যদি কোন অপ্রসার্য (inextensible) হাল্কা সুতোর এক প্রান্তে একটি ভারী গোল ধাতব বল ঝুলিয়ে ইহার অপর প্রান্তকে কোন স্থির অবলম্বনের সঙ্গে আটকানো হয় তবে **সরল দোলক** তৈরী হয়। 1583 খ্রীষ্টাব্দে গ্যালিলিও এই দোলকের গতি সম্পর্কিত সূত্র আবিষ্কার করেন। 1648 খ্রীষ্টাব্দে হায়জেন (Huygen) এই সূত্র প্রয়োগ ক'রে দোলক ঘড়ি তৈরি করেন। 1660 খ্রীষ্টাব্দে রবার্ট হুক পাকানো স্প্রিং ব্যবহার ক'রে ঘড়ি তৈরি করেন। বিভিন্ন ঘড়িতে দোলকের সূত্র কোন-না-কোন ভাবে ব্যবহৃত হয়। একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের দোলকের একটি নির্দিষ্ট স্থানে একবার পূর্ণ দোলনের জন্য নির্দিষ্ট সময় লাগে। এই সময়কে

দোলকটির দোলন কাল (time-period) বলে। যে দোলকের দোলনকাল 2 সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে। দোলক ঘড়িতে এইরূপ একটি সেকেন্ড দোলক



চিত্র 12

ব্যবহৃত হয়। একটি প্যাচানো স্প্রিং দ্বারা একটি খাঁজ কাটা চাকাকে (gear) গতিশীল করা হয়। এই চাকা একটি দোলকের সঙ্গে যুক্ত থাকায় ইহার গতি দোলকের দোলনকাল দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই চাকার সঙ্গে যুক্ত কাঁটাগুলি দাগ কাটা বৃত্ত স্কেলের (dial) উপর ঘুরে সময় নির্দেশ করে। নির্দিষ্ট সময় অন্তর ঘড়িতে দম দিয়ে স্প্রিং-এ শক্তি সঞ্চিত করা হয় ও ঘড়ি চালু রাখা হয়। অনেক ঘড়িতে সরাসরি দোলক ব্যবহার না ক'রে একটি ভারসাম্য চক্র (balance wheel) ব্যবহার করা হয় (চিত্র 13)। হাত ঘড়িতে এই ব্যবস্থা থাকে। আবার অনেক দেওয়াল ঘড়িতেও দোলকের পরিবর্তে ভারসাম্য চক্র ব্যবহৃত হয়।



চিত্র 13

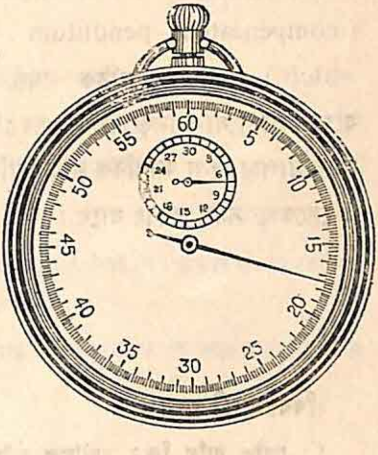
ঘড়ির দোলনকাল ভারসাম্য চক্রের ব্যাসের উপর নির্ভর করে। দোলক-ঘড়ি ঠিক খাড়াভাবে না রাখলে চলে না, কিন্তু ভারসাম্য চক্র ব্যবহার ক'রে যে সব ঘড়ি তৈরি করা হয় তারা যে কোন অবস্থাতেই চ'লতে পারে।

● **হাত ঘড়ি (Wrist watch) :** সাধারণত হাত ঘড়িতে দম দিয়ে একটি স্প্রিংকে পাকানো হয়। এই স্প্রিংকে হেয়ার স্প্রিং (spring) বলে। স্প্রিং ধীরে ধীরে নিজের স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে যাবার সময় দোলক বা ভারসাম্য চক্রকে চালায়। আজকাল স্বয়ংক্রিয় (automatic) হাত ঘড়ি তৈরি করা হচ্ছে। এইসব ঘড়িতে দম দেওয়ার প্রয়োজন হয় না। ভারসাম্য চক্র এমনভাবে তৈরি থাকে যে হাতের ঝাঁকুনিতেই ঘড়ি চলে।

সময় অবকাশ (time interval) সহজে সূক্ষ্মভাবে মাপার জন্য স্টপ-ওয়াচ বা স্টপ-ক্লক (বিরাম ঘড়ি) ব্যবহার করা হয়।

● **স্টপ-ওয়াচ (Stop-watch) :**

14নং চিত্রে একটি স্টপ-ওয়াচ দেখানো হ'য়েছে। ইহা সাধারণ পকেট ঘড়ির ন্যায়। ইহার লম্বা কাঁটা সেকেন্ডের কাঁটা এবং ছোট কাঁটা মিনিটের কাঁটা। কোন কোন ঘড়িতে সেকেন্ডের কাঁটার একবার পূর্ণ ঘুরতে 1 মিনিট আবার কোন কোন ঘড়িতে $\frac{1}{2}$ মিনিট সময় লাগে। এই সময় মিনিটের কাঁটা নির্দেশ করে। সাধারণ অবস্থায় সেকেন্ডের কাটা 0-দাগের (অর্থাৎ 60-দাগের) সঙ্গে এবং মিনিটের কাঁটা 0-দাগের (অর্থাৎ 30-দাগের) সঙ্গে মিশে থাকে। ঘড়ির মাথায় একটি চাবি থাকে। এই চাবি একবার চাপলে ঘড়ি চ'লতে থাকে; দ্বিতীয় বার চাপলে কাঁটা দু'টি যেখানে থাকে সেখানেই স্থির হ'য়ে যায়। এই অবস্থায় কাঁটাদ্বয়ের অবস্থান থেকে সময়ের মান পাওয়া যায়। ঐ চাবিকে তৃতীয়বার চাপলে কাঁটাদ্বয় আবার নিজ নিজ 0-দাগে ফিরে যায়। কোন কোন স্টপ-ওয়াচ দ্বারা এক সেকেন্ডের পাঁচ ভাগের এক ভাগ বা দশ ভাগের একভাগ সময়ও পরিমাপ করা যায়। পরীক্ষাগারে সময় মাপার জন্য এই ঘড়ি বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র 14

● **স্টপ-ক্লক (Stop-clock) :** 15 নং চিত্রে একটি স্টপ-ক্লক দেখানো হ'য়েছে। ইহা সাধারণ টেবিল ঘড়ির মত। এই ঘড়িতেও একটি সেকেন্ডের কাঁটা ও একটি মিনিটের কাঁটা থাকে। ইহার ডায়াল আকারে বড় হওয়ায় সেকেন্ডের দাগগুলিকে আবার অনেকগুলি ভাগে ভাগ করা যায়। তাই স্টপ-ওয়াচের চেয়ে স্টপ-ক্লক দ্বারা বেশি সূক্ষ্মভাবে সময় পরিমাপ করা যায়। এই ঘড়িকে চালানো এবং বন্ধ করার জন্য একটি দণ্ড (D-D) থাকে। এই দণ্ডকে ডান দিক থেকে বাম দিকে সরালে ঘড়ি চ'লতে শুরু করে এবং বাম দিক থেকে ডান দিকে সরালে ঘড়ি বন্ধ হ'য়ে যায়। সুতরাং ঘড়ি চলা থেকে বন্ধ হওয়া পর্যন্ত সময়ের ব্যবধান সহজেই মাপা যায়।



চিত্র 15

সাধারণ ঘড়ি ঋতু পরিবর্তনের সঙ্গে দ্রুত বা ধীরে চলে। অনেক ঘড়িতে এই কারণে সংশোধনের ব্যবস্থা থাকে। ইহাদের প্রতিবিহিত বা সংশোধিত দোলক (compensated pendulum) বলে। **ক্রনোমিটার-ওয়াচ** (chronometer watch) সাধারণত সঠিক সময় নির্দেশ করে। **মেট্রোনোম** (metronome) যন্ত্রের সাহায্যেও নির্ভুলভাবে সময় মাপা যায়। বর্তমানে অতি সূক্ষ্ম ও নির্ভুলভাবে সময় মাপার জন্য **আণবিক ঘড়ি** আবিষ্কৃত হ'য়েছে। এই ঘড়ি সহস্র শতাব্দীতে মাত্র 1 সেকেন্ড সময় তফাৎ যাবে।

প্রশ্নমালা

বিষয়মুখী প্রশ্ন ঃ

1. ভৌত রাশি কি? মৌলিক রাশি ব'লতে কি বোঝায়? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। স্কেলার রাশি ও ভেক্টর রাশির পার্থক্য কি?

2. একক কাকে বলে? পরিমাপে একক ব্যবহার করা হয় কেন? মৌলিক ও লব্ধ একক কাকে বলে?

3. সাধারণত কয় প্রকার একক ব্যবহার করা হয়? দৈর্ঘ্য, ভর ও সময় পরিমাপে ব্যবহৃত একক গুলি বল ও ব্যাখ্যা কর।

4. লিটার ও গ্যালন কাকে বলে? গ্যালনকে লিটারে প্রকাশ কর।

5. এফ্. পি. এস্. পদ্ধতির তুলনায় সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে পরিমাপের সুবিধা কি কি? উভয় পদ্ধতিতে বস্তুর ভর, ঘনত্ব ও আয়তনের এককগুলি কি কি?

6. একটি সাধারণ তুলাযন্ত্রের বর্ণনা দাও। ইহার সাহায্যে কি পরিমাপ করা হয়? এই যন্ত্রকে কাচ বাক্সের অভ্যন্তরে রাখা হয় কেন? তুলা ভাল হওয়ার জন্য আবশ্যকীয় গুণ কি কি?

7. সৌর দিন কাকে বলে? সৌর সেকেন্ডের সঙ্গে ইহার সম্পর্ক কি?

8. সরল দোলক কাকে বলে? দোলকের সূত্র কে আবিষ্কার করেন? প্রথম কে দোলকের কার্যনীতি ঘড়িতে ব্যবহার করেন? সাধারণত হাত ঘড়ি ও স্বয়ংক্রিয় হাত ঘড়িতে কি দোলক ব্যবহার করা হয়? সূর্য ঘড়ি ও বালি ঘড়ি কি?

9. একটি অসম আকৃতির কঠিন বস্তুর আয়তন কিভাবে মাপা যায়? সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আয়তনের একক কি?

10. কোন নলের ভিতরের ব্যাস কোন্ যন্ত্রের সাহায্যে মাপা হয়?

11. পদার্থের ঘনত্ব ব'লতে কি বোঝায়? সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক কি?

12. বিরাম ঘড়ি কাকে বলে? ইহার সুবিধা কি?

13. শূন্যস্থান পূরণ কর ঃ

(i) যে সকল রাশির একক — এককদের উপর নির্ভর করে ইহাদের — একক বলে।

(ii) এক — সকল সৌরদিনের গড় সময়কে —।

(iii) কোন বস্তুতে যে পরিমাণ — আছে, তাকে বস্তুটির — বলে।

(vi) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক —।

(v) অল্প তরল পদার্থের আয়তন মাপার জন্য — ব্যবহার করা হয়।

14. নীচের প্রত্যেকটি বাক্যের পাশে হ্যাঁ বা না লেখ।

(a) যে সব রাশির একক মৌলিক রাশির এককগুলির উপর নির্ভর করে তাদের মৌলিক একক বলে।

(b) সূর্য কোন স্থানের মধ্যরেখাকে পর পর দুবার অতিক্রম ক'রতে যে সময় নেয় তাকে এক সৌরদিন বলে।

(c) 'গ্যালন' একটি প্রাথমিক একক।

(d) বিভিন্ন স্থানে মৌলিক এককের পরিবর্তন হয়।

(e) তুলাযন্ত্রের সাহায্যে প্রমাণ বাটখারার সঙ্গে তুলনা ক'রে কোন বস্তুর ওজন নির্ণয় করা হয়।

(f) 1 ইঞ্চি ও 2·54 সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্য পরস্পর সমান।

(g) ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক একই।

(h) এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে 'লিটার' তরল পদার্থের আয়তনের এক বিশেষ একক।

15. সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আয়তনের একক কি? 10 c. c. জল একটি কাপে, একটি কাচের গ্লাসে ও একটি আয়তন মাপক চোঙে ঢাললে প্রতিক্ষেত্রে আয়তন কি সমান থাকবে?

গাণিতিক প্রশ্ন ঃ

16. একটি বস্তুর ঘনত্ব 10 গ্রাম / সি. সি. ও আয়তন 50 সি. সি.। ইহার ভর কত? [500 গ্রাম]

17. একটি সরু তারের ব্যাস 6 মিমি. হ'লে মিটার এককে ইহার মান কত? [0·006 মি.]

18. 3 টাকা দরে 1 Kg গম ও 3 টাকা দরে 1 lb গমের মধ্যে কোন্‌টি সস্তা? [প্রথমটি]

19. একটি বস্তুর ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে 1·6 গ্রাম প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে হ'লে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ইহার মান কত? [$1·6 \times 62·5$ পাঃ/ঘনফুট]

20. একটি বাগানের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ সমান। ইহার ক্ষেত্রফল 400 বর্গমিটার হ'লে ইহার দৈর্ঘ্য কত? [20 মিটার]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভর ও দৈর্ঘ্যের একক কি ?

(ii) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বেগের একক কি ?

(iii) কত গ্রামে এক পাউন্ড ?

(iv) সেন্টিমিটার ও ফুটের সম্পর্ক কি ?

(v) স্কেলার ও ভেক্টর রাশি কাহাদের বলে ? উহাদের পার্থক্য কি ?

(vi) গড় সৌরদিন কাকে বলে ?

(vii) কত সেকেন্ডে এক সৌরদিন হয় ?

(viii) 4° C উষ্ণতায় এক লিটার বিশুদ্ধ জলের ভর কত ?

(ix) কত কিলোমিটারে এক মাইল ?

(x) সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ত্বরণ ও ভরবেগের একক কি ?

(xi) এস্. আই পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক কি ?

(xii) এক গজ কাপড়ের দাম দিয়ে তুমি এক মিটার কাপড় পেলে। ইহাতে তোমার লাভ হ'ল না ক্ষতি হ'ল।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ | পদার্থ ও শক্তি (Matter and Energy)

2·1. ভর (Mass) ও ওজন (Weight) :

ইন্দ্রিয়ের দ্বারা যার উপস্থিতি অনুভব করা যায় এবং যা স্থান জুড়ে অবস্থান করে তাকে বস্তু বলে। বস্তু যার দ্বারা গঠিত তাকে পদার্থ বলে। **কোন বস্তুর মধ্যে যে পরিমাণ পদার্থ থাকে তাকে উহার ভর বলে।** বস্তুর ভর স্থান-নিরপেক্ষ। অর্থাৎ বস্তুকে যে স্থানেই নিয়ে যাওয়া হোক না কেন ইহার ভরের কোন পরিবর্তন হয় না। চাপ, উষ্ণতা, চুম্বকত্ব বা তড়িতাবস্থার দ্বারা বস্তুর ভর প্রভাবিত হয় না। কাজেই, **ভর বস্তুর মৌলিক ধর্ম।** এই ভর নামক ধর্মের সাহায্যে বিভিন্ন রকমের বস্তুকে তুলনা ক'রে বস্তুর নতুন নতুন ধর্মের পরিচয় পাওয়া যায়। অবশ্য একটা কথা বলা প্রয়োজন যে, বস্তুর বেগ আলোকের বেগের কাছাকাছি হ'লে ইহার ভরের পরিবর্তন হয়। ভরের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **গ্রাম**, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **পাউন্ড** এবং এম. কে. এস্. পদ্ধতিতে **কিলোগ্রাম**।

পৃথিবী ইহার উপরিস্থিত বা কাছাকাছি যে কোন বস্তুকে নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে। **যে বলের দ্বারা কোন বস্তু পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হয় তাকে বস্তুর ওজন বলে।** কোন ভারী বস্তু হাতে নিলে সহজেই বোঝা যায় যে, বস্তুর উপর নীচের দিকে টান কাজ করে। এই টানই বস্তুর ওজন। ওজন একটি বল। ইহার দিক্ আছে। নিউটনের দ্বিতীয় গতি সূত্রানুযায়ী **বল = ভর × ত্বরণ।** **এক্ষেত্রে ত্বরণ** হ'ল অভিকর্ষজ ত্বরণ। কাজেই বস্তুর ভর = m, ওজন = W ও অভিকর্ষজ ত্বরণ = g হ'লে $W = mg$ অর্থাৎ ওজন = ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ। ওজনের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **ডাইন**, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **পাউন্ডাল** এবং এম্. কে. এস্. পদ্ধতিতে **নিউটন**।

● **বস্তুর ওজন পরিবর্তনশীল :** কোন বস্তুর ওজন (W) = উহার ভর (m) × অভিকর্ষজ ত্বরণ (g)। **অভিকর্ষজ বলের ক্রিয়ায় কোন বস্তুতে যে ত্বরণ সৃষ্টি হয় তাকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে।** পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে 'g' এর মান বিভিন্ন হওয়ায় বস্তুর ওজনও বিভিন্ন হয়। নীচের কারণগুলির উপর 'g' এর মান এবং ওজন নির্ভর করে।

(i) **পৃথিবীর অসম আকৃতি :** কোন স্থানে 'g' এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে উহার দূরত্বের উপর নির্ভর করে। পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার না হওয়ায় ইহার কেন্দ্র থেকে ইহার মেরু অঞ্চলের দূরত্ব কম এবং বিষুব অঞ্চলের দূরত্ব বেশি। তাই 'g' এর মান এবং কোন বস্তুর ওজন মেরু অঞ্চলে বেশি ও বিষুব অঞ্চলে কম।

(ii) **ভু-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতার পরিবর্তন :** আবার ভু-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায়, 'g' এর মান ও বস্তুর ওজনও তত কম হয়। তাই ভু-পৃষ্ঠে কোন বস্তুর যা ওজন, পর্বত শৃঙ্গে উহার ওজন তার চাইতে কম।

(iii) **মহাশূন্যে অবস্থান ঃ** মহাশূন্যে যেখানে পৃথিবীর কোন প্রভাব থাকে না সেখানে বস্তুর ওজন শূন্য।

(iv) **অন্যান্য গ্রহ উপগ্রহে অবস্থান ঃ** বিভিন্ন গ্রহ, উপগ্রহে বস্তুর উপর আকর্ষণ বিভিন্ন হওয়ায় ঐ সব স্থানে একই বস্তুর ওজন বিভিন্ন হয়। যেমন, চাঁদে কোন বস্তুর উপর আকর্ষণ, পৃথিবীর আকর্ষণের প্রায় ছয় ভাগের এক ভাগ মাত্র। তাই যে বস্তুর ওজন পৃথিবী পৃষ্ঠে ছয় কিলো, চন্দ্র পৃষ্ঠে উহার ওজন হবে প্রায় এক কিলো।

(v) **পৃথিবীর অভ্যন্তরে গভীরতার পরিবর্তন ঃ** আবার পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে যত যাওয়া যায় 'g' এর মান তত কমতে থাকে। পৃথিবীর কেন্দ্রে 'g' এর মান শূন্য। অতএব, পৃথিবীর কেন্দ্রে বস্তুর ওজন শূন্য। কাজেই বোঝা যায় যে, **ওজন বস্তুর মৌলিক ধর্ম নয়।**

মনে রাখবে যে, **বস্তুর ওজন পরিবর্তিত হ'লেও বস্তুর ভর ভূ-পৃষ্ঠের যে কোন স্থানে কিংবা পৃথিবীর অভ্যন্তরে বা বাইরে যে কোন স্থানে সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে।**

● **বস্তুর ভর ও ওজনের পার্থক্য ঃ** (i) কোন বস্তুর মধ্যে যে পরিমাণ পদার্থ থাকে তাই বস্তুর ভর। কিন্তু কোন স্থানে বস্তুর ওজন = বস্তুর ভর × ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ।

(ii) ভরের শুধুমাত্র মান আছে, কোন নির্দিষ্ট দিক নেই। কাজেই ভর একটি **স্কেলার রাশি।** কিন্তু ওজন, বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল হওয়ায় ইহার মান ও নির্দিষ্ট দিক আছে। কাজেই, **ওজন একটি ভেক্টর রাশি।**

(iii) ভরের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে গ্রাম, এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে পাউন্ড এবং এম. কে. এস্. পদ্ধতিতে কিলোগ্রাম। ওজনের একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ডাইন, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে পাউন্ডাল এবং এম. কে. এস্. পদ্ধতিতে নিউটন।

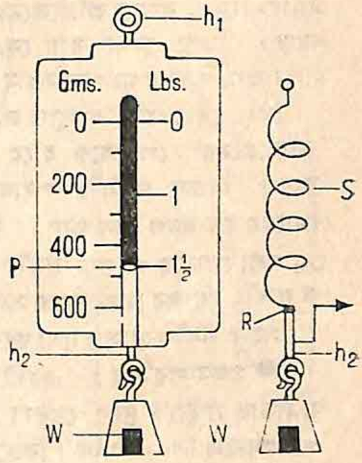
(iv) ভর বস্তুর মৌলিক ধর্ম, কিন্তু ওজন বস্তুর মৌলিক ধর্ম নয়। কারণ বস্তুর ভরের কোন পরিবর্তন ঘটে না, কিন্তু ওজনের পরিবর্তন ঘটে। আবার কোন বস্তুর ভর শূন্য হ'তে পারে না, কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহে বা মহাশূন্যে বস্তুর ওজন শূন্য হয়।

মনে রাখবে যে, সাধারণ তুলা দ্বারা বস্তুর ভর মাপা যায় আর স্প্রিং তুলা দ্বারা বস্তুর ওজন মাপা যায়।

● **বস্তুর ওজন নির্ণয় ঃ স্প্রিং তুলা (Determination of weight of a body : Spring balance) ঃ**

বস্তুর ওজন নির্ণয় করার জন্য স্প্রিং তুলা ব্যবহার করা হয়। এই তুলায় কুণ্ডলী আকারের একটি স্প্রিং এর এক প্রান্ত একটি হুকের (h_1) সংগে আটকানো থাকে

(চিত্র 16)। এই হুকের সাহায্যে স্প্রিং তুলাকে ঝোলানো হয়। স্প্রিং এর অপর প্রান্ত একটি ধাতব দণ্ডের (R) সঙ্গে যুক্ত থাকে। দণ্ডের অপর প্রান্তে আর একটি হুক (h_2) থাকে এবং দণ্ডের গায়ে একটি সূচক (P) থাকে। h_2 হুকে কোন বস্তু রাখলে বস্তুর ওজনের জন্য স্প্রিংটি প্রসারিত হয়। যে কোন স্প্রিং এর ধর্মই ইহার প্রসারণকে বাধা দেওয়া অর্থাৎ বিপরীতমুখী বল সৃষ্টি করা। এই দুই বলের সাম্য অবস্থায় স্প্রিং কিছুটা প্রসারিত হওয়ার পর স্থির হ'য়ে দাঁড়ায়। মনে রাখবে যে, স্প্রিং এর এই প্রসারণ ইহার উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। P-সূচক ডাইন বা পাউন্ডালে অংশাঙ্কিত স্কেল বরাবর ওঠা-নামা করে। এই সূচকের অবস্থান থেকে বস্তুর ওজন সরাসরি পাওয়া যায়।



চিত্র 16

2·2. ভরের নিত্যতা সূত্র (Conservation of mass) :

ল্যাভয়েসিয়ার 1774 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম বলেন যে, পদার্থকে সৃষ্টি করা যায় না, ধ্বংসও করা যায় না। যে কোনরূপ পরিবর্তনের আগে ও পরে পদার্থগুলির মোট ভর একই থাকে। ভরের নিত্যতা সূত্র ব'লতে বোঝায় যে, **মহাবিশ্বে যে সব বস্তু আছে তাদের মোট ভরের পরিবর্তন হয় না—অর্থাৎ ভরের সৃষ্টি বা বিনাশ নেই, কেবল রূপান্তর আছে।**

আপাত দৃষ্টিতে এই সিদ্ধান্ত ঠিক ব'লে মনে হয় না। কারণ (i) কাঠ বা কয়লা পোড়ালো খানিকটা ছাই প'ড়ে থাকে। এই ছাই-এর ভর, কাঠ বা কয়লার ভরের তুলনায় অনেক কম। তাহ'লে কি পদার্থের ভরের বিনাশ ঘটে ? না, তা সত্য নয়। কারণ, কাঠ বা কয়লা জ্বলার জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন। এই অক্সিজেন অদৃশ্য। আবার জ্বলার দরুন অদৃশ্য জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। তা' ছাড়া কালি, ছাই ইত্যাদি প'ড়ে থাকতে দেখা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে কাঠ বা কয়লা এবং প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ভর, বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন পদার্থগুলির ভরের সমান হয়।

(ii) একখণ্ড লোহায় মরিচা প'ড়লে ভর বেশি হয়। কারণ মরিচা প'ড়লে লোহা বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সঙ্গে যুক্ত হয়। এক্ষেত্রে লোহা, যুক্ত অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের মোট ভর মরিচাযুক্ত লোহার মোট ভরের সমান হয়।

(iii) পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনেও উহার মোট ভর অপরিবর্তিত থাকে। বরফের ভর ও ঐ বরফ গলা জলের ভর একই। জল ফুটিয়ে বাষ্প ক'রলে বাষ্পের ও জলের ভর সমান হয়। এক খণ্ড কর্পূর বাষ্প হ'য়ে বায়ুতে মিশে যায়। এই বাষ্পের ভর ও কর্পূর খণ্ডের ভর সমান।

(iv) ম্যাগনেসিয়াম ফিতাকে বায়ুতে পোড়ালে যে সাদা ভস্ম (ম্যাগনেসিয়াম

অক্সাইড) পাওয়া যায় তার ভর ম্যাগনেসিয়ামের ভরের চেয়ে বেশি হয়। এক্ষেত্রে ম্যাগনেসিয়াম বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে ঐ সাদা ভস্ম গঠন করে, তাই ওজন বাড়ে। কিন্তু দেখা যায় যে, ম্যাগনেসিয়াম ও যুক্ত অক্সিজেনের মোট ভর উৎপন্ন সাদা ভস্ম অর্থাৎ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ভরের সমান হয়।

(v) মোমবাতি বায়ুতে জ্বললে মোমের উপাদান কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে যথাক্রমে কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। ইহারা গ্যাসীয় পদার্থ হওয়ায় বায়ুতে মিশে যায়। তাই মনে হয় যে মোমের ভর ক্রমশ হ্রাস পায়। কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ সংগ্রহ ক'রলে দেখা যায় যে, গলা মোমের ও প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট ভর উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের মোট ভরের সমান।

সহজ পরীক্ষার সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করা যায়।

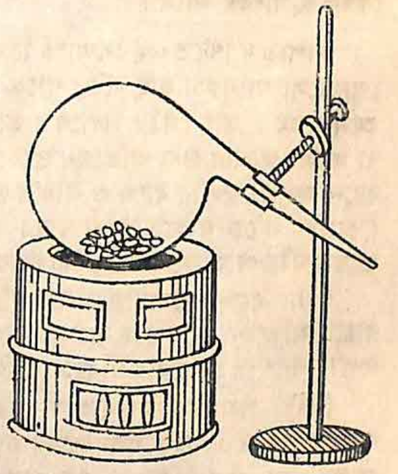
● **প্রথম পরীক্ষা ঃ** একটি কাচের ফ্লাস্কে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ নেওয়া হয়। একটি পরীক্ষানলে (test tube) কিছু পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নিয়ে পরীক্ষা নলকে সুতোর সাহায্যে ফ্লাস্কের ভিতরে এমনভাবে ঝুলিয়ে দেওয়া হয় যে, ফ্লাস্কের তরল যেন অ্যাসিডের সংস্পর্শে না আসে (চিত্র 17)। এবার ফ্লাস্কের মুখে ছিপি আটকে তুলাযন্ত্রের সাহায্যে সমগ্র ফ্লাস্কের ভর মাপা হয়।



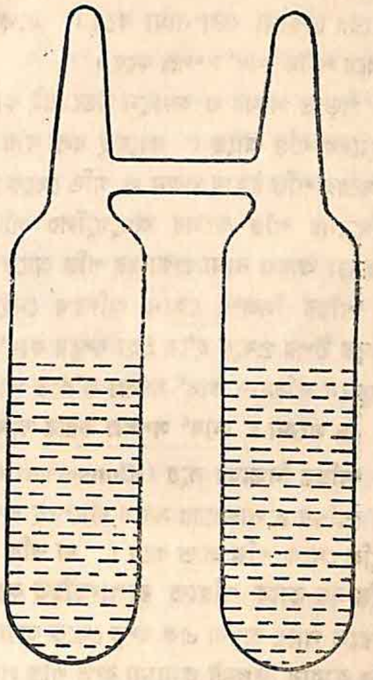
চিত্র 17

তারপর ফ্লাস্ককে কাত ক'রে দুই পাত্রের তরল মিশিয়ে একটি মিশ্রণ তৈরী করা হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার দরুন সিলভার ক্লোরাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এবার তুলাযন্ত্রে ফ্লাস্কের ভর মেপে দেখা যায় যে, ইহার ভরের কোন পরিবর্তন হয় নি। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে বিক্রিয়ক (reactant) পদার্থগুলির ভর = রাসায়নিক বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ভর। কাজেই, ভরের ক্ষয় বলে কিছু নেই, কেবল রূপান্তর আছে।

● **দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ** একটি বকযন্ত্রের মধ্যে সামান্য টিন রেখে বকযন্ত্রের গলা (neck) তাপ দিয়ে গলিয়ে বন্ধ করা হয় (চিত্র 18)। তারপর যন্ত্রটিকে ওজন করা হয়। এবার বকযন্ত্রটিকে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মধ্যে আবদ্ধ অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে ধাতব টিন আংশিকভাবে সাদা ভস্মে


চিত্র 18

(যা টিনের অক্সাইড) পরিণত হয়। এই সাদা ভস্ম সমেত বকযন্ত্রের ওজন নেওয়া হয়। দেখা যায় যে, আগের ওজন ও এই ওজন সমান। কাজেই প্রমাণিত হয় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনের দরুন ধাতব টিন সাদা ধাতু ভস্মে পরিণত হওয়া সত্ত্বেও পদার্থের মোট ভরের কোন পরিবর্তন হয় না। টিনের পরিবর্তে ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম বা অন্য কোন ধাতু নিয়েও এই পরীক্ষাটি করা যায়। এই পরীক্ষাটি **ল্যাভয়েসিয়ারের** (Lavoisier's experiment) পরীক্ষা নামে পরিচিত।



চিত্র 19

● **তৃতীয় পরীক্ষা :** ইংরেজী H অক্ষরের মত দেখতে একটি কাচনলের এক শাখায় ফেরাস সালফেট (ferrous sulphate) দ্রবণ ও অপর শাখায় সিলভার সালফেট (silver sulphate) দ্রবণ রাখা হয়। তারপর নলের দুই শাখার দুই মুখ উত্তাপে গলিয়ে বন্ধ করা হয় ও সমগ্র নলটির ওজন নেওয়া হয়। এরপর নলটিকে এপাশ ওপাশ কাৎ ক'রে দ্রবণ, দু'টিকে পরস্পরের সাথে মেশানো হয়। দ্রবণদ্বয় পরস্পরের সাথে মিশলে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় এবং মিশ্রিত দ্রবণ থেকে সিলভার তৈরী হ'য়ে অধঃক্ষেপরূপে নলের তলায় জমা হয়। এই অবস্থায় আবার সমগ্র নলের ওজন নেওয়া হয়। দেখা যায় যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরে H নলের ওজন একই থাকে। কাজেই ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণিত হয়। এই পরীক্ষাটি **ল্যানডল্টের পরীক্ষা** (Landolt's experiment) নামে পরিচিত।

2·3. শক্তি (Energy) :

বিশ্বে পদার্থ ছাড়া আর যা আছে তা শক্তি। যেমন, আলোক, তাপ, শব্দ, তড়িৎ ইত্যাদি পদার্থ নয়, ইহারা বিভিন্ন ধরনের শক্তি।

শক্তি ইন্দ্রিয় গ্রাহ্য কিন্তু ইহার কোন ভর নেই। ইহা নির্দিষ্ট স্থান দখল করে না, সর্বত্র পারব্যাপ্ত হয়। পদার্থের পরিবর্তন শক্তির জন্যই হয় এবং এই পরিবর্তন দ্বারা শক্তির অস্তিত্ব বোঝা যায়।

● **শক্তি কি ? (What is energy ?) :** মনে করা যাক যে, কোন পর্বতের পাদদেশে একটি মাটির কুটির আছে। ঐ পর্বতের চূড়া থেকে একটি ভারী পাথর কুটিরের উপর প'ড়লে, ইহা ভেঙ্গে যায় এবং ইহার টুকরোগুলি চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। এক্ষেত্রে পাথরটির আঘাতের দরুন কার্য সম্পন্ন হয়। আবার একটি জলপূর্ণ কেটলিকে আগুনের উপর বসালে কেটলির জল স্টীমে পরিণত হয়। স্টীমের

অণুগুলির গতিশক্তি জলের অণুগুলির গতিশক্তির চেয়ে অনেক বেশি হওয়ায় কেট্‌লির উপরের ঢাকানা ওঠা-নামা করে। এক্ষেত্রে কেট্‌লির ঢাকনাকে অনবরত ওঠা-নামা করিয়ে স্টীম কার্য সম্পন্ন করে।

পড়ন্ত পাথর ও আগুন উভয়েরই কার্য সম্পন্ন করার সামর্থ্য আছে। সুতরাং ইহাদের শক্তি আছে। কাজেই বলা যায় যে, শক্তির দ্বারা কার্য সম্পন্ন হয়। পড়ন্ত পাথরের শক্তি ইহার ওজন ও গতি থেকে দেখা দেওয়ায় ইহাকে যান্ত্রিক শক্তি বলে। আগুনের শক্তি জলের অণুগুলির গতিশক্তি বৃদ্ধি করায় ইহাকে তাপশক্তি বলে। তাছাড়া আরও নানা প্রকারের শক্তি আছে।

শক্তির নিজস্ব কোন অস্তিত্ব নেই। বস্তুর সঙ্গে যুক্ত থেকে বা বাইরে থেকে বস্তুর উপর প্রযুক্ত হ'য়ে ইহা বস্তুর কার্যকলাপ প্রভাবিত ও নিয়ন্ত্রিত করে। কোন বস্তু যে পরিমাণ কার্য সম্পন্ন ক'রতে পারে তাই ঐ বস্তুতে নিহিত শক্তির পরিমাপ।

● সংজ্ঞা : **কার্য সম্পন্ন করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে।**

শক্তির নিত্যতা সূত্র (Conservation of energy) :

শক্তির রূপান্তরের সব দৃষ্টান্তেই লক্ষ্য করা যায় যে, কোন বস্তু অন্যান্য বস্তুগুলি থেকে শক্তি লাভ করে। **যা শক্তি নয় তার থেকে শক্তি উৎপন্ন করা যায় না, যা শক্তি নয় তাকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় না।** শক্তি শুধুমাত্র রূপ পরিবর্তন ক'রতে পারে অথবা এক বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে যেতে পারে। যখনই কোন বস্তু শক্তি হারায় তখনই অন্যান্য বস্তু শক্তি লাভ করে। পরিমাপ যোগ্য সব ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে, কোন বস্তু যে পরিমাণ শক্তি হারায় অপর একটি বস্তু বা বস্তুতন্ত্র (system) সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করে। কাজেই, শক্তির নিত্যতা সূত্রের সংজ্ঞা হিসেবে বলা যায় :—

● সংজ্ঞা : **শক্তিকে সৃষ্টি করা যায় না, ধ্বংসও করা যায় না। সুতরাং বিশ্বের মোট শক্তি সর্বদা ধ্রুবক থাকে।**

শক্তির নিত্যতা সূত্র পদার্থ বিজ্ঞানের একটি গুরুত্বপূর্ণ **মূল সূত্র**।

বর্তমানে দেখা যায় যে, বিশেষ অবস্থায় শক্তিকে ভরে ও ভরকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। যেমন পারমাণবিক বিভাজনে নির্দিষ্ট পরিমাণ ভর নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তাই ভর ও শক্তিকে পৃথকভাবে নিত্যরাশি না ধ'রে একত্রে ভর ও শক্তি নিত্য বা সময় নিরপেক্ষ ধরা হয়। অর্থাৎ মহাবিশ্বে ভর ও শক্তির মোট পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। মহাবিজ্ঞানী আইনস্টাইনের $E=mc^2$ সূত্রানুযায়ী ভরের রূপান্তরের ফলে লব্ধ শক্তির পরিমাণ পাওয়া যায়। এখানে m ভরের রূপান্তরের দরুন প্রাপ্ত শক্তি E এবং c = শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ।

শক্তির অপচয় (Dissipation of energy) : বৈদ্যুতিক সুইচ্ টিপলে আলো জ্বলে বা পাখা চলে। এইরূপ ক্ষেত্রে তড়িৎ শক্তি আলোক শক্তি বা যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। শক্তির নিত্যতা সূত্রানুসারে ঠিক যতটা তড়িৎ শক্তি ব্যয়িত

হয় ঠিক ততটা আলোক শক্তি বা যান্ত্রিক শক্তি পাওয়া উচিত। কিন্তু প্রায় সব রূপান্তরের বেলায় শক্তির কিছুটা অপচয় ঘটে। যন্ত্র থেকে যে কাজ পাওয়া যায় তা সরবরাহ করা শক্তির সমান হয় না, সর্বদা কম হয়। কারণ, সরবরাহ করা শক্তির কিছুটা যন্ত্রের বিভিন্ন অংশের মধ্যে বাধা অতিক্রম করার জন্য ব্যয়িত হয়। এইরূপ ব্যয়িত শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই তাপ শক্তিকে হিসেবের মধ্যে আনলে মোট শক্তি অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু এই তাপ শক্তিকে কোন উপযোগী কার্যে পরিণত করা যায় না। সুতরাং ইহা শক্তির অপচয় বলা যায়।

কিছু শক্তির বিনিময়ে যদি কিছু উপযোগী কার্য পাওয়া যায় তাহ'লে যন্ত্রের

$$\text{দক্ষতা (efficiency)} = \frac{\text{উপযোগী কার্য}}{\text{মোট ব্যয়িত শক্তি}} \times 100\%$$

কোন যন্ত্রের দক্ষতা 60 ব'ললে বোঝায় যে, ঐ যন্ত্রে যদি 100 একক শক্তি দেওয়া হয় তাহ'লে উপযোগী কার্য পাওয়া যায় 60 একক।

শক্তির অপর একটি সমধিক **গুরুত্বপূর্ণ নিয়ম** ঃ—বস্তুর স্থিতির জন্য যে শক্তি তা সর্বদা কম হ'তে চায়। তাই নত তল বরাবর বস্তু গড়িয়ে পড়ে, স্প্রিং এর পাক খুলে যায় ইত্যাদি।

● **শক্তির বিভিন্ন রূপ (Different forms of energy)** ঃ কোন বস্তুর শক্তি মোটামুটি আট ভাবে প্রকাশ পেতে পারে। যথা ঃ—

(i) **যান্ত্রিক শক্তি**, (ii) **তাপ শক্তি**, (iii) **আলোক শক্তি**, (iv) **শব্দ শক্তি**, (v) **চৌম্বক শক্তি**, (vi) **তড়িৎ শক্তি**, (viii) **রাসায়নিক শক্তি**, এবং (viii) **নিউক্লিয় (nuclear) শক্তি**।

● **শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy)** ঃ শক্তি বিভিন্ন রূপে রূপান্তরিত হ'তে পারে। শক্তির বিভিন্ন রূপ সম্পর্কে আগে বলা হ'য়েছে। এখন বিভিন্ন উদাহরণের সাহায্যে শক্তির রূপান্তর বোঝার চেষ্টা করা যাক।

(A) <u>যান্ত্রিক শক্তির রূপান্তর</u> ঃ

যান্ত্রিক শক্তি দু'ধরনের—**স্থিতি শক্তি** (*potential energy*) **ও গতি শক্তি** (*lkinetic energy*)। **বস্তুর স্থিতির জন্য শক্তিকে স্থিতি শক্তি বলে। গতিশীল বস্তু গতির জন্য যে শক্তি লাভ করে তাকে গতি শক্তি বলে।**

(i) ভূপৃষ্ঠ থেকে কিছু উপরে অবস্থিত যে কোন বস্তুতে স্থিতি শক্তি থাকে। এই বস্তু নীচের দিকে প'ড়তে থাকলে ইহার স্থিতি শক্তি ক্রমশ গতি শক্তিতে পরিণত হয় এবং ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করার ঠিক আগে ইহার সমগ্র স্থিতি শক্তি গতি শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহা ভু-পৃষ্ঠ স্পর্শ করার সঙ্গে সঙ্গে ইহার গতি শক্তি তাপ ও শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কাজেই, এক্ষেত্রে শক্তির রূপান্তর—

স্থিতি শক্তি—→গতি শক্তি—→তাপ ও শব্দ শক্তি।

(ii) দিয়াশলাই-এর উপর কাঠি ঘষলে যান্ত্রিক শক্তি প্রথমে রাসায়নিক শক্তিতে ও পরে তাপ ও আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(iii) দু'টি পাথরকে ঘষলে তাপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে গতি শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(iv) চাবির খোলা মুখে সজোরে ফুঁ দিলে যান্ত্রিক শক্তি শব্দ শক্তিতে পরিণত হয়।

(v) ডায়নামোতে যান্ত্রিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(vi) একটি ঘূর্ণায়মান পাথরের চাকার গায়ে ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি ধ'রলে উহারা উত্তপ্ত হয় এবং আলোর ফুলকি নির্গত হ'তে দেখা যায়। ইহা যান্ত্রিক শক্তির তাপ ও আলোক শক্তিতে রূপান্তর।

(B) তাপ শক্তির রূপান্তর :

(i) স্টীম এঞ্জিনে তাপ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে পরিণত হয়।

(ii) লোহ খণ্ডকে 500°C-এর বেশি উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক'রলে আলোক পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে তাপ শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(iii) তাপের সাহায্যে অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে তাপ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়।

(C) আলোক শক্তির রূপান্তর :

(i) চলচ্চিত্রে 'টকি ফিল্মে' আলোক শক্তি থেকে শব্দ শক্তি পাওয়া যায়।

(ii) টেলিভিশনে আলোক শক্তি থেকে তড়িৎ শক্তি পাওয়া যায়।

(iii) লেন্সের সাহায্যে সূর্যরশ্মিকে কেন্দ্রীভূত ক'রে তাপ উৎপন্ন করা যায়। এক্ষেত্রে আলোক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(iv) গাছের সবুজপাতা সূর্যালোকের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ (photosynthesis) প্রক্রিয়ায় খাদ্য প্রস্তুত করে। ইহা আলোক শক্তির রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর।

(D) শব্দ শক্তির রূপান্তর :

(i) টেলিফোনে কথা বলার সময় শব্দ শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(ii) বিস্ফোরণের শব্দে জানালার কাচ ইত্যাদি ভেঙে যায়। এক্ষেত্রে শব্দ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

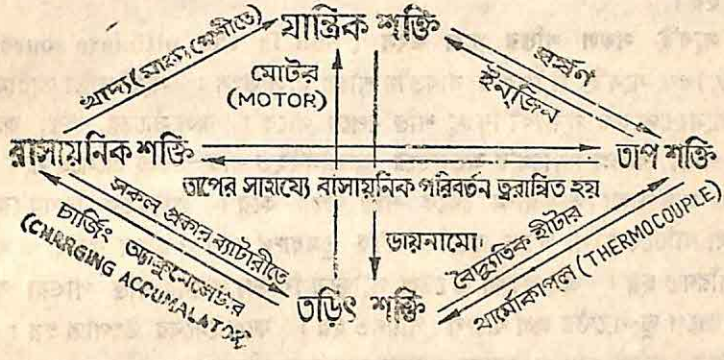
(E) চৌম্বক শক্তির রূপান্তর :

(i) কোন চুম্বকের কাছে লোহার টুকরো আনলে ঐ টুকরো গতিশীল হয়। এক্ষেত্রে চৌম্বক শক্তি গতি শক্তিতে বা যান্ত্রিক শক্তিতে পরিণত হয়।

(ii) একটি লোহার টুকরোকে দ্রুত চুম্বকে পরিণত ক'রে সঙ্গে সঙ্গে ইহার চুম্বকত্ব বিনাশ ক'রলে তাপ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে চৌম্বক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(F) তড়িৎ শক্তির রূপান্তর :

(i) টেলিফোনে কথা শোনার সময় তড়িৎ শক্তি শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র 20

(ii) মোটরে তড়িৎ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(iii) বৈদ্যুতিক হিটার, ইস্ত্রি ইত্যাদিতে তড়িৎ শক্তি তাপ শক্তিতে পরিণত হয়।

(iv) সঞ্চয়ক কোষে (accumulator) তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত হয়।

(v) একটি কাঁচা লোহার দণ্ডের উপর অন্তরিত তামার তার জড়িয়ে ঐ তারে তড়িৎ প্রবাহ চালালে লোহার দণ্ড চুম্বকে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ শক্তি চৌম্বক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(vi) বৈদ্যুতিক বাল্বে তড়িৎ শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(G) রাসায়নিক শক্তির রূপান্তর :

(i) গ্যাস বাতিতে রাসায়নিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(ii) কয়লা পুড়িয়ে রাসায়নিক শক্তিকে তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।

(iii) ব্যাটারীতে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে পরিণত হয়।

(iv) গান পাউডার ফাটলে (explosion of gun powder) রাসায়নিক শক্তি তাপ, আলোক, শব্দ ও যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(v) ম্যাগনেসিয়াম ফিতাকে পোড়ালে আলোক পাওয়া যায়। ইহা রাসায়নিক শক্তির আলোক শক্তিতে রূপান্তর।

(H) নিউক্লিয় শক্তির রূপান্তর :

পরমাণুর নিউক্লিয়াসের জটিল রূপান্তর ঘটিয়ে নিউক্লিয় শক্তি পাওয়া যায়। এই শক্তিকে তড়িৎ শক্তি, যান্ত্রিক শক্তি ইত্যাদি বিভিন্ন প্রকার শক্তিতে রূপান্তরিত ক'রে মানব সমাজের বিভিন্ন কল্যাণকর ও ধ্বংসাত্মক কাজে নিয়োগ করা হয়।

(i) পারমাণবিক বোমায় নিউক্লিয় শক্তির সাহায্যে বাড়িঘর, গাছপালা ইত্যাদি ধ্বংস করা যায়। ইহা নিউক্লিয় শক্তির যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর।

(ii) নিউক্লিয় রিয়্যাক্টরে (nuclear reactor) নিউক্লিয় শক্তি তাপ শক্তিতে পরিণত হয়।

● **সূর্যই সকল শক্তির মূল উৎস (Sun is the ultimate source of energy):** সূর্যই পৃথিবীর যাবতীয় শক্তির মূল উৎস। সূর্য ছাড়া তারামণ্ডল বা মহাশূন্য থেকেও পৃথিবী কিছু শক্তি পেয়ে থাকে। জলস্রোতের শক্তি, জ্বলন্ত কয়লার শক্তি, বিভিন্ন পদার্থের অভ্যন্তরে অন্তর্নিহিত শক্তি—সবই এসেছে সূর্য শক্তি থেকে। গাছপালা সূর্যরশ্মি থেকে শক্তি সঞ্চয় করে। প্রাকৃতিক বিপর্যয়ে এই গাছপালা মাটিতে চাপা প'ড়ে বহুদিন ধ'রে ভূমধ্যস্থ তাপ ও চাপে কয়লা ও খনিজ তেলে পরিণত হয়। এই কয়লা ও তেল পুড়িয়ে বিভিন্ন ধরনের শক্তি পাওয়া যায়। সূর্যের তাপে ভূ-পৃষ্ঠের জল বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে মেঘের উৎপত্তি হয়। এই মেঘ থেকে বৃষ্টি হয় ও পাহাড়-পর্বতে জমা জল তীব্র জলস্রোতের আকারে সমতল-ভূমিতে নেমে আসে। এই জলস্রোতের শক্তিকে কাজে লাগিয়ে তড়িৎ শক্তি, যান্ত্রিক শক্তি ইত্যাদি পাওয়া যায়। এখন প্রশ্ন হ'তে পারে, সূর্য এই অফুরন্ত শক্তি কোথা থেকে পায়? এই সম্পর্কে বিভিন্ন মতভেদ আছে। তবে অনেকে মনে করেন যে, সূর্য নিজের আয়তনের বা ভরের বিনিময়ে এই শক্তি যোগান দেয় এবং প্রতি মিনিটে প্রায় 25 কোটি টন ভর হারায়। সূর্য এতই বিরাট যে, এই হারে ভর হারালেও ইহা বহু লক্ষ বছর পরে সম্পূর্ণ নিঃশেষিত হবে। জেনে রাখবে যে সূর্য থেকে পৃথিবী 18×10^9 মেগাওয়াট হারে শক্তি লাভ করে। অবশ্য এই রাশি সূর্যে যে হারে শক্তি উৎপন্ন হয় তার 200 কোটি ভাগের এক ভাগ মাত্র।

প্রশ্নমালা

বিষয়মুখী প্রশ্ন:

1. পদার্থ ব'লতে কি বোঝায়? বস্তু ও পদার্থের মধ্যে পার্থক্য কি? পদার্থ কি কি অবস্থায় থাকতে পারে? উদাহরণের সাহায্যে তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর।

2. শক্তি কাকে বলে? কিভাবে ইহার পরিমাপ করা হয়? পদার্থ ছাড়া কি শক্তি থাকতে পারে? শক্তি কিভাবে কাজ করে?

3. শক্তি কয় প্রকার ও কি কি? শক্তির নিত্যতা সূত্র ব'লতে কি বোঝায়? সকল শক্তির মূল উৎস কি?

4. শক্তির রূপান্তর কি সম্ভব? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। টেলিফোনে কথা বলার সময় কোন্ শক্তি কোন্ রূপে রূপান্তরিত হয়?

5. বস্তুর ভর ও ওজনের পার্থক্য কি? ইহাদের একক কি কি? কোন্ যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজন নির্ণয় করা যায়? পৃথিবী থেকে কোন বস্তুকে চন্দ্রে নিয়ে গেলে ইহার ওজনের কিরূপ পরিবর্তন হয়? ইহার ভরের কি পরিবর্তন হয়?

6. একটি বস্তুর ভর 50 gm ও ওজন 50 gm—এইরূপ বলা কি যুক্তিসঙ্গত? ভরকে বস্তুর স্বকীয় ধর্ম বলা হয় কেন?

7. ভর ও ওজনের মধ্যে পার্থক্য কি? একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে পর্বত শৃঙ্গে নিয়ে যাওয়া হ'ল। ইহার ভর ও ওজনের কি পার্থক্য লক্ষ্য করা যাবে? [M. Exam. 1977]

8. সাধারণ তুলাদণ্ড দ্বারা কোন বস্তুর ওজন মাপা হয়, না ভর মাপা হয়? পৃথিবীতে কোন বস্তুর যা ওজন ঐ বস্তুকে চাঁদে নিয়ে গেলে সেই ওজন কিরূপ পরিবর্তিত হয়? উহার ভরেরই বা কি পরিবর্তন হবে? [M. Exam. 1976]

9. কোন বস্তুর ভর ও ভারের সংজ্ঞা লেখ। সাধারণত কোন্ কোন্ যন্ত্র দ্বারা তাদের মাপা হয়? [M. Exam. 1978]

10. পদার্থের নিত্যতা সূত্র বোঝাও এবং একটি পরীক্ষার সাহায্যে ইহার সত্যতা প্রমাণ কর।

11. শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(i) —পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকার নেই, তবে আয়তন ও ভর আছে।

(ii) যান্ত্রিক শক্তি দু'প্রকারের, যথা স্থিতি শক্তি ও — ।

(iii) বস্তুর — অপরিবর্তনীয় কিন্তু ওজন পরিবর্তনীয়।

(iv) কোন বস্তু পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে মোট যে আকর্ষণ বল অনুভব করে তাকে বস্তুর —বলা হয় :

(v) স্প্রিং তুলার সাহায্যে — মাপা যায়।

(vi) ডায়নামোতে গতিশক্তি — শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(vii) — সকল শক্তির মূল।

12. নীচের প্রত্যেক বাক্যের পাশে হ্যাঁ বা না লেখ :—

(a) শক্তি স্থান দখল করে।

(b) গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন আছে।

(c) পৃথিবীর সকল স্থানে বস্তুর ভর সমান।

(d) ভর একটি ভেক্টর রাশি কিন্তু ওজন স্কেলার রাশি।

(e) পৃথিবীর সকল বস্তুর ওজন সমান।

(f) একই বস্তুকে বিভিন্ন স্থানে স্প্রিং-তুলার সাহায্যে ওজন ক'রলে একই ফল পাওয়া উচিত কেননা বস্তুর ভর অপরিবর্তিত থাকে।

(g) এই বিশ্বে মোট শক্তির পরিমাণ নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়।

(h) বস্তুর ভর ইহার গতি, স্থিতি, উচ্চতা, চুম্বকত্ব বা তড়িতাবস্থার দ্বারা প্রভাবিত হয় না।

13. নীচের ঘটনাগুলি ভরের নিত্যতার পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা কর :—

(i) একটি ম্যাগনেসিয়াম ফিতাকে বায়ুতে পোড়ালে যে সাদা ভস্ম পাওয়া যায় তার ভর ম্যাগনেসিয়াম ফিতার ভরের চেয়ে বেশি। [M. Exam. 1981]

(ii) কয়লা পুড়িয়ে যে ছাই হয় তার ভর কয়লার ভরের চেয়ে অনেক কম, বাকি ভরের কি হ'ল? [M. Exam. 1973]

(iii) মোম বাতি বায়ুতে জ্বললে ক্ষয় প্রাপ্ত হয়।

(iv) লোহার মরিচা প'ড়লে ওজন বাড়ে।

14. ভরের নিত্যতা সূত্রটি বিবৃত কর [M. Exam. 1979, '81, '83]। একটি রাসায়নিক ও একটি ভৌত পরিবর্তন সম্পর্কিত নিত্যতা সূত্রটির দু'টি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

মৌখিক প্রশ্ন ঃ

(i) সাধারণ তুলার সাহায্যে কোন বস্তুর ওজন মাপা যায় কি?

(ii) স্প্রিং তুলার সাহায্যে কোন বস্তুর ভর মাপা যায় কি?

(iii) কোন বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে চন্দ্র পৃষ্ঠে নিয়ে গেলে উহার ওজন কতটা কমবে?

(iv) অভিকর্ষজ ত্বরণ কাকে বলে?

(v) বায়ুতে ম্যাগনেসিয়াম ফিতা জ্বালালে যে ভস্ম পাওয়া যায় তার ভর ম্যাগনেসিয়াম ফিতার ভরের চেয়ে বেশি হয় কেন?

(vi) লোহায় মরিচা পড়লে লোহার ওজন বাড়ে। ইহা কি ভরের নিত্যতা সূত্রের পরিপন্থী?

(vii) তাপ শক্তি থেকে কিভাবে যান্ত্রিক শক্তি পাওয়া যায়?

(viii) আলোক শক্তিকে কিভাবে তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়?

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন
(Change Of State)

3.1. অবস্থার পরিবর্তন (Change of state) ঃ

পদার্থ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়—এই তিন ধরনের ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। **পদার্থের উপর তাপ প্রয়োগ ক'রে বা পদার্থ থেকে তাপ অপসারণ ক'রে ইহার যে অবস্থান্তর ঘটানো হয় তাকে অবস্থার পরিবর্তন বলে।** একটি পাত্রে বরফ নিয়ে ক্রমাগত তাপ দিলে দেখা যায় যে, বরফ প্রথমে গ'লে জলে পরিণত হয় এবং ঐ জল ক্রমশ বাষ্পে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে, কোন বাষ্পকে ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা হ'লে ইহা প্রথমে তরলে ও পরে কঠিনে পরিণত হয়। এই ঘটনা যে শুধুমাত্র বরফ ও জলের বেলায় প্রযোজ্য তা নয়। আসলে যে সব পদার্থ তাপের প্রভাবে রাসায়নিক ক্রিয়া করে না তাদের বেলাতেই প্রযোজ্য। কিন্তু যে সব পদার্থকে উত্তপ্ত ক'রলে রাসায়নিক ক্রিয়া হয় তাদের বেলায় অন্যরূপ হবে। যেমন কাঠ, কয়লা ইত্যাদিকে তাপ দিলে গলার পরিবর্তে রাসায়নিক ক্রিয়া হ'য়ে ইহারা পুড়ে যায়। **তাপের প্রভাবে কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় পরিবর্তনকে গলন (*melting*) ও তরল অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তনকে বাষ্পীভবন (*vaporisation*) বলে।** আবার তরল পদার্থ থেকে তাপ বার ক'রে নিয়ে ইহাকে কঠিন অবস্থায় পরিণত করাকে **কঠিনীভবন** (*solidification*) ও গ্যাসীয় পদার্থ থেকে তাপ বার ক'রে নিয়ে ইহাকে তরল অবস্থায় পরিবর্তন করাকে **ঘনীভবন** (*condensation* or *liquefaction*) বলে।

কঠিন —তাপ→ তরল —তাপ→ গ্যাসীয়

কঠিন ←ঠাণ্ডা— তরল ←ঠাণ্ডা— গ্যাসীয়

উপরের আলোচনা অনুযায়ী বোঝা যায় যে, পদার্থের কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থার কোনটাই স্থায়ী নয় এবং পদার্থ কোন্ অবস্থায় থাকবে তা নির্ভর করে পদার্থের উষ্ণতার উপর।

● **গলনাঙ্ক (Melting point) ঃ**

●**সংজ্ঞা ঃ** যে স্থির উষ্ণতায় কোন পদার্থ কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হয় তাকে ঐ পদার্থের **গলনাঙ্ক** বলে।

বিভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট ও বিভিন্ন। **পদার্থের গলনাঙ্ক বায়ুর চাপের উপর নির্ভর করে।** প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কোন পদার্থের গলনাঙ্ককে উহার প্রমাণ (standard) গলনাঙ্ক বলে। যেমন প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তামার গলনাঙ্ক 1085°C ব'লতে বোঝায় যে, বায়ুমণ্ডলের প্রমাণ চাপে তামা 1085°C উষ্ণতায় গ'লে তরলে পরিণত হয়।

কয়েকটি পদার্থের প্রমাণ গলনাংক ঃ

পদার্থ	গলনাংক (°C)	পদার্থ	গলনাংক (°C)
তামা	1085	গন্ধক	115
সীসা	328	ন্যাপথালীন	80
দস্তা	420	মোম	45—60
টিন	232	বরফ	0
সোনা	1064	পারদ	—39
রূপা	962		

● **পরীক্ষা ঃ** সহজ পরীক্ষার সাহায্যে দেখানো যায় যে, প্রমাণ চাপে বরফের গলনাংক 0°C উষ্ণতা।

হিম মিশ্রণের (freezing mixture) সাহায্যে কিছু বরফ ঠাণ্ডা ক'রে ইহার উষ্ণতাকে 0°C এর কিছু কম করা হয়। এই বরফকে একটি কাচ পাত্রে রেখে ধীরে ধীরে তাপ দেওয়া হয়। বরফের মধ্যে একটি 0°C—100°C পরিসরের (range) থার্মোমিটার (চিত্র 21) রেখে দেখা যায় যে, তাপ প্রয়োগের সঙ্গে সঙ্গে বরফের উষ্ণতা ক্রমশ বাড়ে ও 0°C উষ্ণতায় স্থির থাকে (পরীক্ষার সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ=প্রমাণ চাপ ধরা হ'য়েছে)। এই উষ্ণতায় বরফ ধীরে ধীরে গ'লে জলে পরিণত হয় এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না সমগ্র বরফ গ'লে জলে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত উষ্ণতা 0°C এ স্থির থাকে। সম্পূর্ণ বরফ গ'লে জলে পরিণত হ'লে উষ্ণতা বাড়তে থাকে। কাজেই বোঝা যায় যে, প্রমাণ চাপে বরফের গলনাংক 0°C।



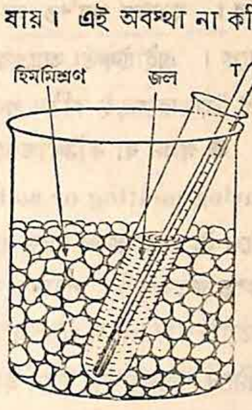
চিত্র 21

● হিমাংক (**Freezing point**) ঃ

● **সংজ্ঞা ঃ** যে স্থির উষ্ণতায় কোন পদার্থ তরল অবস্থা থেকে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয় তাকে ঐ পদার্থের হিমাঙ্ক বলে। প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কোন পদার্থের হিমাংককে উহার প্রমাণ হিমাংক বলে। পদার্থের হিমাংক চাপের উপর নির্ভর করে।

সমান বায়ুচাপে কেলাসিত (crystalline) পদার্থ মাত্রেরই গলনাংক ও হিমাংক সমান হয়। কিন্তু মোম, কাচ বা চর্বিজাতীয় পদার্থের গলনাংক ও হিমাংক বিভিন্ন। অকেলাসিত পদার্থগুলি কঠিন থেকে তরল বা তরল থেকে কঠিন অবস্থায় পরিণত

হবার আগে একটি সান্দ্র (*viscous*) অবস্থার মধ্য দিয়ে যায়। এই অবস্থা না কঠিন না তরল। এই পদার্থগুলির কোন সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নেই—একটি উষ্ণতা-পরিসরের মধ্যে ইহারা গলে। যেমন মাখন 28°C থেকে 33°C এর মধ্যে গলে ও 20°C থেকে 22°C এর মধ্যে জমে। আবার কোন কোন পদার্থ গলনাঙ্কে পেঁছাবার আগে বিয়োজিত হয়। যেমন কাঠ, কয়লা, কাগজ ইত্যাদি।



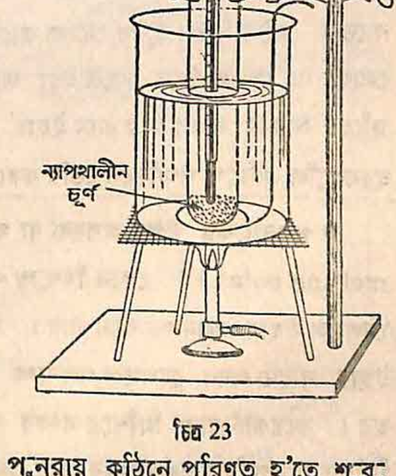
চিত্র 22

●**পরীক্ষা ঃ** সহজ পরীক্ষার সাহায্যে দেখানো যায় যে, প্রমাণ চাপে জলের হিমাঙ্ক 0°C উষ্ণতা।

একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ জল নিয়ে ইহাকে হিম মিশ্রণের মধ্যে রাখলে দেখা যায় যে, জলের উষ্ণতা ক্রমশ হ্রাস পেয়ে 0°C এ স্থির হয় এবং জল জমে বরফ হয় (চিত্র 22)। যতক্ষণ পর্যন্ত সমগ্র জল জমে বরফ না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত উষ্ণতা 0°C এ স্থির থাকে (বায়ুমণ্ডলের চাপ = প্রমাণ চাপ)। কাজেই, জলের হিমাঙ্ক 0°C উষ্ণতা।

● **গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of melting point) ঃ**

একটি সরু ও লম্বা কৈশিক নলের (capillary tube) এক মুখ বন্ধ ক'রে অপর মুখ দিয়ে নলের ভিতরে কোন কঠিন পদার্থের (যেমন ন্যাপথালীন গুঁড়া) কিছু পরিমাণ প্রবেশ করানো হয়। তারপর কৈশিক নলের খোলা মুখ তাপ দিয়ে গলিয়ে বন্ধ করা হয়। একটি ফ্লাস্কের মধ্যে জল নিয়ে ইহাকে ত্রিপদে বসানো তার জালির উপর রাখা হয়। কৈশিক নলের সঙ্গে সুতো দিয়ে একটি থার্মোমিটার বেঁধে দেওয়া হয় এবং স্ট্যান্ডের সাহায্যে ফ্লাস্কের জলে খাড়াভাবে ডোবানো হয় (চিত্র 23)। বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কের নীচে তাপ দেওয়া হয়। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কঠিন পদার্থ গ'লতে শুরু করে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমগ্র পদার্থ গ'লে যায় ততক্ষণ উষ্ণতা একই থাকে। এই বিশেষ উষ্ণতার পাঠ নেওয়া হয়। কঠিন পদার্থ সম্পূর্ণ গ'লে যাওয়ার পর ফ্লাস্কের জলের উষ্ণতা 10°C—15°C বাড়ানো হয় এবং বুনসেন দীপ সরিয়ে ফ্লাস্কের জল ঠাণ্ডা করা হয়। উষ্ণতা কমতে থাকে ও এক বিশেষ উষ্ণতায় পদার্থটি পুনরায় কঠিনে পরিণত হ'তে শুরু



চিত্র 23

করে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমগ্র পদার্থ কঠিনে পরিণত হয় ততক্ষণ উষ্ণতা একই থাকে। এই উষ্ণতা আগের পাঠ নেওয়া উষ্ণতার সমান বা খুব কাছাকাছি। এই দুই উষ্ণতার গড়ই কঠিন পদার্থটির গলনাঙ্ক।

● **গলন বা কঠিনীভবনের দরুন আয়তন পরিবর্তন (Change of volume during melting or solidification) ঃ** সাধারণত কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হ'লে ইহার আয়তন বাড়ে এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হ'লে ইহার আয়তন কমে। কিন্তু কতকগুলি পদার্থ যেমন বরফ, পিতল, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি, ঢালাই লোহা ইত্যাদি যদি তরলে পরিণত হয় তবে ইহাদের আয়তন কমে এবং যদি তরল অবস্থা থেকে কঠিনে পরিণত হয় তবে ইহাদের আয়তন বাড়ে। যেমন 0°C উষ্ণতায় 11 সি. সি. জল জমে বরফে পরিণত হ'লে 12 সি. সি. বরফ পাওয়া যায় অর্থাৎ শতকরা প্রায় 9 ভাগ আয়তন বাড়ে। ঢালাই লোহাও সেরূপ শতকরা 7 ভাগ আয়তনে বাড়ে।

● **আয়তন পরিবর্তনে সুবিধা ও অসুবিধা ঃ** শীত প্রধান দেশে জলের পাইপে জল জমে বরফে পরিণত হ'লে যে আয়তন বাড়ে তাতে পাইপে প্রচণ্ড চাপ পড়ে। অনেক সময় পাইপ ফেটেও যায়। আরো দেখা যায় যে, গরম জলের পাইপ ঠাণ্ডা জলের পাইপের চেয়ে বেশি ফাটে। তার কারণ ঠাণ্ডা জলে গরম জলের চেয়ে বেশি বায়ু দ্রবীভূত থাকায় জল জমলে দ্রবীভূত বায়ু বেরিয়ে যায় এবং জল জমার দরুন যে আয়তন-বৃদ্ধি হয় তা পূর্বে বায়ু যে স্থান দখল করেছিল তাই দখল করে। গরম জলের পাইপে এইরূপ ঘটনা ঘটে না। তাই গরম জলের পাইপ বেশি ফাটে। একই কারণে প্রচণ্ড ঠাণ্ডায় পাহাড়ের পাথরে ফাটল সৃষ্টি হয়।

ঢালাই লোহা বা পিতল তরল অবস্থা থেকে কঠিনে পরিণত হ'লে আয়তনে বাড়ে। এই আয়তন বৃদ্ধি অনেক কাজের সুবিধা করে। যেমন, ছাঁচের ভিতর গলিত লোহা বা পিতল ঢেলে দিলে ইহা জমে শক্ত হওয়ার সময় আয়তনে বেড়ে অবিকল ছাঁচের আকার ধারণ করে এবং ইহার কিনারাগুলি খুব সূক্ষ্ম হয়। টাইপ করবার হরফগুলি এইরূপ পদ্ধতিতে তৈরি করা হয়।

● **গলনাঙ্কের উপর অপদ্রব্য বা খাদের প্রভাব (Effect of impurity on melting point) ঃ** কোন বিশুদ্ধ পদার্থের সঙ্গে অপর কোন পদার্থ খাদ হিসেবে মেশালে উহার গলনাঙ্ক কমে যায়। যেমন বিশুদ্ধ বরফের গলনাঙ্ক 0°C। কিন্তু ইহার সহিত লবণ মেশালে গলনাঙ্ক কমে যায়। এইভাবে হিম মিশ্রণ তৈরি করা হয়। কয়েকটি ধাতু মিশিয়ে সংকর ধাতু (alloy) তৈরি ক'রলে উহার গলনাঙ্ক মিশ্রিত ধাতুগুলির গলনাঙ্কের চেয়ে কম হয়।

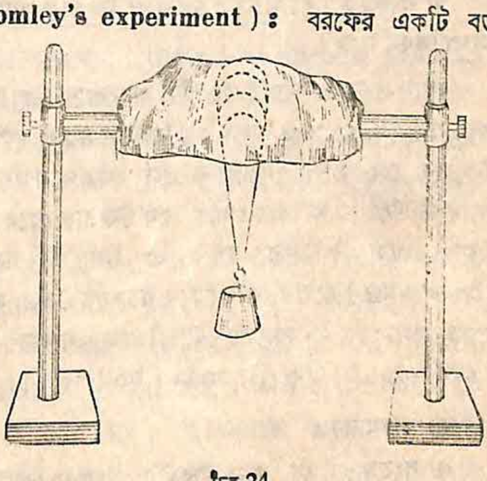
● কয়েকটি হিমমিশ্রণ :

পদার্থ	ওজনের অনুপাত	উষ্ণতা °C
বরফগুঁড়ো ও লবণ	9 : 1	−20
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম সালফেট	5 : 6	−17
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও বরফ	3 : 2	−52
জমানো CO_2 ও ইথার	4 : 1	−77

● **গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effect of pressure on melting point) :**

(i) যেসব পদার্থ—যেমন পিতল, ঢালাই লোহা, বিসমাথ, টাইপ মেটাল, বরফ ইত্যাদি—গলনের পর আয়তনে সংকুচিত হয় সেই সব পদার্থের উপর চাপ বৃদ্ধি ক'রলে গলনাঙ্ক কমে যায় (ii) যেসব পদার্থ—যেমন মোম, সীসা ইত্যাদি—গলনের ফলে আয়তনে বেড়ে যায় সেইসব পদার্থের উপর চাপ বৃদ্ধি ক'রলে গলনাঙ্ক বেড়ে যায়। তার কারণ প্রথম ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধি গলনের সহায়তা করে ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিরোধিতা করে। গলনের দরুন যে সব পদার্থের আয়তন কমে তাদের উপর চাপ বাড়লে আয়তন কমে। তাই গলনাঙ্ক কমে যায়। আর যে সব ক্ষেত্রে গলনের দরুন আয়তন বেড়ে যায় সে সব ক্ষেত্রে চাপ বাড়লে আয়তন কমে যায়। তাই চাপ প্রয়োগে গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। নীচের পরীক্ষা থেকে সহজে বোঝা যায় যে, চাপ প্রয়োগে গলনাঙ্ক কমে ও চাপ অপসারণে গলনাঙ্ক বাড়ে।

● **বটমলির পরীক্ষা (Bottomley's experiment) :** বরফের একটি বড় টুকরোকে একটি অবলম্বনের উপর বসানো হয় (চিত্র 24)। টুকরোর মাঝবরাবর একটি সরু তামার তারকে রেখে তারের দুই প্রান্তের সাথে একটি ওজন ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। ওজনের ভারে তার বরফের টুকরোকে কাটতে কাটতে নীচে নামতে থাকে। কিন্তু দেখা যায় যে, বরফের টুকরো যেরকম অখণ্ড ছিল সেইরকমই আছে। এইরূপ হওয়ার কারণ কি? কারণ



চিত্র 24

হিসেবে বলা যায় যে, তামার তার বরফের যে অংশে চাপ দেয় সেই অংশে বরফের

গলনাঙ্ক কমে যায় ও বরফ গ'লে জল হয়। এই বরফ গলার জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ প্রথমে বাইরের বায়ু ও তামার তার থেকে সংগৃহীত হয়। বরফের যে অংশ কেটে তার নীচে চলে যায় সেই অংশে আর কোন চাপ থাকে না। তাই গলনাঙ্ক বেড়ে যায় এবং তারের উপরের অংশের বরফ-গলা জল জমে পুনরায় বরফে পরিণত হয়। জল জমে বরফ হওয়ায় মুক্ত লীন তাপ তামার তার দ্বারা পরিবাহিত হয় এবং তারের নীচের বরফকে গলায়। এই পদ্ধতি চ'লতে থাকে যতক্ষণ না তার বরফের টুকরো কেটে বেরিয়ে যায়। কাজেই, তার বরফের টুকরো কেটে নীচে নেমে গেলেও বরফের টুকরো অখণ্ড থেকে যায়। ইহাকে **পুনঃশিলীভবন** (*regelation*) বলে। এই কারণেই বরফের নিজের চাপে নীচের বরফ গ'লে গিয়ে হিমবাহের (glacier) উৎপত্তি ঘটে।

এই পরীক্ষাটির সাফল্যের জন্য নীচের বিষয়গুলি মনে রাখা দরকার—

(i) **পরীক্ষায় ব্যবহৃত তারকে তাপের সুপরিবাহী হ'তে হবে।** নাইলন সুতো ইত্যাদি খুব সরু হ'লেও তাপের সুপরিবাহী না হওয়ায় ইহাদের সাহায্যে পরীক্ষাটি করা যাবে না।

(ii) **পরীক্ষায় ব্যবহৃত তারকে খুব সরু হ'তে হবে।** তার যত সরু হবে তত বেশি চাপ প'ড়বে এবং পরীক্ষাটিও ভালভাবে সম্পন্ন হবে।

(iii) **চার পাশের বায়ুর উষ্ণতা 0°C এর বেশি হ'তে হবে।** তা নাহ'লে বরফগলনের জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ পাওয়া যাবে না।

● **সংজ্ঞা :** চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ অপসারণ ক'রে উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে **পুনঃশিলীভবন** বলে।

3·2. বাষ্পীভবন (vaporisation) :

● **সংজ্ঞা :** স্বাভাবিক চাপে ও উষ্ণতায় তরল পদার্থের বাষ্পে পরিণত হওয়াকে **বাষ্পীভবন** বলে।

কোন তরল পদার্থের বায়বীয় অবস্থাকে উহার **বাষ্প** (*vopour*) বলে। প্রসঙ্গত বলা যায় যে, গ্যাস ও বাষ্প এক জিনিস নয়। দেখা যায় যে, কোন বাষ্পকে যে কোন উষ্ণতায় রেখে চাপ প্রয়োগ ক'রলে উহা পুনরায় তরলে পরিণত হয় না। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বা তার থেকে কম উষ্ণতায় রেখে বাষ্পের উপর চাপ প্রয়োগ ক'রলে উহা তরলে পরিণত হয়। ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে **সন্ধি উষ্ণতা** (*critical temperature*) বলে। যদি কোন বাষ্পের উষ্ণতা সন্ধি উষ্ণতার বেশি হয় তবে উহাকে গ্যাস বলা হয়। তরলের বাষ্পীভবন সাধারণত দুভাবে হয় : (i) বাষ্পায়ন (evaporation) ও (ii) স্ফুটন (boiling)।

● **বাষ্পায়ন :**

● **সংজ্ঞা :** যে কোন উষ্ণতায় উপরের তল থেকে তরলের ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়াকে **বাষ্পায়ন** বলে। এই বাষ্পায়নের জন্য সমুদ্রের জল, নদীর জল বা

যে কোন পাত্রের জল সর্বদাই উহার মুক্ত তল থেকে বাষ্পে পরিণত হয়, ভিজে জামা-কাপড় শুকিয়ে যায়। বাষ্পায়নের জন্য কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতার প্রয়োজন নেই। জেনে রাখবে যে, তরল পদার্থ বাষ্পায়িত হবার সময় কিছু সংখ্যক উচ্চ গতিবেগ সম্পন্ন অণু তরল থেকে বেরিয়ে যায়। ফলে অবশিষ্ট তরলের মোট গতিশক্তি হ্রাস পায় ও উহার উষ্ণতা কিছুটা কমে যায়। বাষ্পায়নের হার নীচের কারণগুলির উপর নির্ভর করে।

(i) **তরলের প্রকৃতি :** সব তরলের বাষ্পায়নের হার সমান নয়। এমন কি যে কোন একটি তরলের বাষ্পায়নের হার সব সময়ে সমান হয় না। বিভিন্ন তরলের মধ্যে যার স্ফুটনাঙ্ক কম তার বাষ্পায়নের হার বেশি। যেমন অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক জল অপেক্ষা কম হওয়ায় একই উষ্ণতায় অ্যালকোহলের বাষ্পায়নের হার জলের চেয়ে বেশি। স্পিরিট, ইথার, পেট্রল ইত্যাদিও দ্রুত বাষ্পীভূত হয়।

(ii) **তরলের উষ্ণতা :** তরল পদার্থের ও ইহার চার পাশের উষ্ণতা বেড়ে গেলে বাষ্পায়নের হার বেড়ে যায়। তাই গ্রীষ্মকালে পুকুর, ডোবা ইত্যাদির জল দ্রুত শুকিয়ে যায়।

(iii) **তরলের উপর তলের ক্ষেত্রফল :** বাষ্পায়ন তরলের উপর তল থেকে হয়। তাই তরলের উপর তলের ক্ষেত্রফল বেশি হ'লে, বাষ্পায়নের হারও বেড়ে যায়। গ্লাসের জলের চেয়ে বড় থালার জল তাড়াতাড়ি বাষ্পীভূত হয়। গরম চা, দুধ ইত্যাদি খাবার সময় ডিসে ঢাললে তরলের উপর তল বিস্তৃত হওয়ায় উষ্ণ তরল দ্রুত বাষ্পীভূত হ'য়ে ঠাণ্ডা হয়।

(iv) **তরলের উপর বায়ুর চাপ :** তরলের উপরে বায়ুর চাপ বাড়লে বাষ্পায়নের হার কমে যায়। বায়ুশূন্য স্থানে (যেখানে তরলের উপরে চাপ শূন্য) বাষ্পায়ন অত্যন্ত তাড়াতাড়ি ঘটে।

(v) **বায়ুপ্রবাহ :** তরলের উপর তলে বায়ুপ্রবাহিত হ'লে বাষ্পায়ন তাড়াতাড়ি হয়। বায়ুপ্রবাহ থাকলে তরল থেকে নির্গত বাষ্প বেশি সময় তরলের সংস্পর্শে থাকতে পারে না। ইহাতে তরলের উপরের বায়ু শুকনো থাকে এবং বাষ্পায়ন দ্রুত হয়। তাই হাওয়া দিলে ভিজে জামা কাপড় দ্রুত শুকিয়ে যায়; উষ্ণ তরল দ্রুত ঠাণ্ডা হয়।

(vi) **বায়ুর আর্দ্রতা :** বায়ুর আর্দ্রতা যত কম হয় অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ যত কম হয় জলের বাষ্পায়নও তত বেশি হয়। বর্ষাকালে ভিজে জামা কাপড় সহজে শুকোতে চায় না; কারণ বর্ষাকালে বায়ুতে বেশি জলীয় বাষ্প থাকে। উষ্ণতা কম হওয়া সত্ত্বেও শীতকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্প কম থাকে ব'লে ভিজে জামা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যায়। গ্রীষ্মকালে পুরী ও দিল্লীর উষ্ণতা কোনদিন সমান হ'লেও পুরীর তুলনায় দিল্লী বেশি আরামপ্রদ ব'লে মনে হয়। কারণ পুরী সমুদ্রতীরে অবস্থিত হওয়ায় পুরীর বায়ুতে জলীয় বাষ্পের

পরিমাণ বেশি থাকে। তাই পুরীতে গায়ের ঘাম সহজে শুকোতে চায় না। কিন্তু দিল্লীর কাছাকাছি সমুদ্র না থাকায় দিল্লীর বায়ুতে জলীয় বাষ্প খুব কম থাকে। তাই দিল্লীতে গায়ের ঘাম তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যায় ও দিল্লী আরামপ্রদ ব'লে মনে হয়।

● স্ফুটন (Boiling) :

● সংজ্ঞা : যে পদ্ধতিতে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সব অংশ থেকে তরল খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় তাকে **স্ফুটন** বলে। ঐ উষ্ণতাকে তরলের স্ফুটনাঙ্ক **বলে**। যে পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় সে পর্যন্ত এই উষ্ণতা স্থির থাকে।

প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরলের স্ফুটন হয় তাকে তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক (*normal boiling point*) বলে। যেমন জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক 100°C অর্থাৎ প্রমাণ চাপে 100°C উষ্ণতায় জল ফুটতে থাকে। স্ফুটনাঙ্ক তরল পদার্থের উপরিস্থিত **চাপের উপর নির্ভর করে**।

● **কয়েকটি পদার্থের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক**

পদার্থ	স্ফুটনাঙ্ক (°C)	পদার্থ	স্ফুটনাঙ্ক (°C)	পদার্থ	স্ফুটনাঙ্ক (°C)
পারদ	357	ক্লোরোফর্ম	61	তরল হিলিয়াম	—269
জল	100	ইথার	35	তরল অক্সিজেন	—183
গ্লিসারিন	290	অ্যালকোহল	78	তরল হাইড্রোজেন	—253
বেনজিন	80				

স্ফুটনেও তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু স্ফুটন কেবলমাত্র তরল পদার্থের উপর তল থেকে হয় না, তরল পদার্থের সব অংশ থেকে হয়। ভিন্ন ভিন্ন তরল পদার্থের স্ফুটন ভিন্ন ভিন্ন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘটে।

স্ফুটনের হার নীচের কারণগুলির উপর নির্ভর করে।

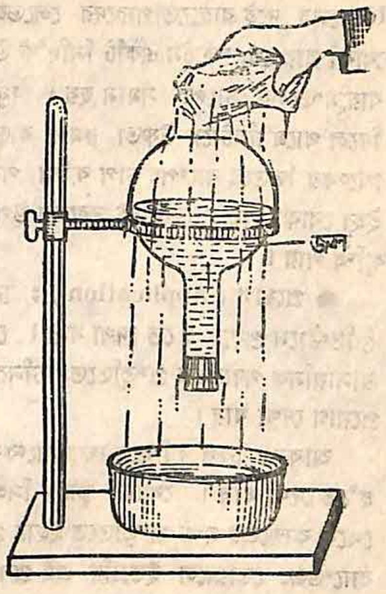
(i) **তরল পদার্থের প্রকৃতি :** প্রত্যেক তরলের একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকে। অর্থাৎ সব তরল সমান উষ্ণতায় ফোটে না। কারণ ইহারা প্রকৃতিতে স্বতন্ত্র।

(ii) **তরলের বিশুদ্ধতা :** তরলে অন্য কোন বস্তু দ্রবীভূত থাকলে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ বিশুদ্ধ দ্রাবকের চেয়ে দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক বেশি।

(iii) **তরলের উপর চাপ :** তরল তলের উপরে চাপ বাড়ালে স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে ও চাপ কমালে স্ফুটনাঙ্ক কমে। তাই উচ্চস্থানে, যেমন পাহাড়ের উপর চাপ কম হওয়ায় জল কম উষ্ণতায় ফোটে। আবার আবদ্ধ পাত্রে চাপ বেশি হওয়ায় জল 100°C এর চেয়ে বেশি উষ্ণতায় ফোটে। দেখা যায় যে, **প্রতি 27 মি.মি. বায়ু চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাসের দরুন জলের স্ফুটনাঙ্ক 1°C ক'রে বাড়ে বা কমে।**

● **ফ্রাংকলিনের পরীক্ষা (Franklin's experiment) :** এই পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায় যে, চাপ হ্রাস পেলে তরলের স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়।

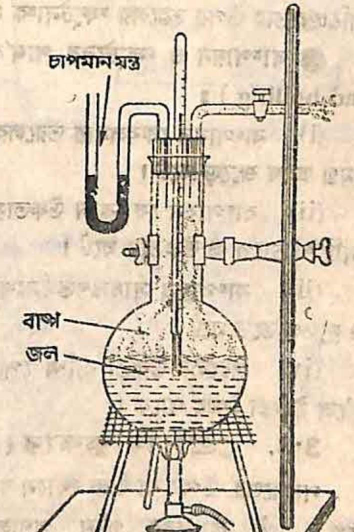
একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু জল ফুটিয়ে ভিতরের সমস্ত বায়ু বের ক'রে দেওয়া হয়। এবার ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দ্বারা ভালভাবে বন্ধ ক'রে ফ্লাস্ককে উল্টিয়ে একটি অবলম্বনে আটকানো হয় (চিত্র 25)। এই সময়ে জলকে আর ফুটতে দেখা যায় না। এখন ঐ ফ্লাস্কের উপর ঠাণ্ডা জল ঢাললে ফ্লাস্কের জল আবার ফুটতে শুরু ক'রে। তার কারণ কি ? ফ্লাস্কের জলের উপর চাপ ইহার উপরিস্থিত জলীয় বাষ্পচাপের সমান। ফ্লাস্কের উপর ঠাণ্ডা জল ঢাললে ঐ জলীয় বাষ্পের কিছুটা ঠাণ্ডা হ'য়ে ঘনীভূত হয়। ফলে ঐ বাষ্পের চাপ হ্রাস পায়। অর্থাৎ ফ্লাস্কের জলের উপর চাপ হ্রাস পায়। আবার চাপ হ্রাসে জলের স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পাওয়ায় ফ্লাস্কের জল পুনরায় ফুটতে শুরু করে।



চিত্র 25

(iv) **তাপ প্রয়োগের হার :** স্ফুটনের সময় তাপ শোষিত হওয়ায় স্ফুটনের হার তাপ প্রয়োগের হারের উপর নির্ভর করে।

● **পরীক্ষা :** একটি ফ্লাস্কে কিছু পরিমাণ জল নিয়ে ইহার মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। কর্কের একটি ছিদ্র দিয়ে একটি থার্মোমিটারকে ফ্লাস্কের ভিতরে এমনভাবে প্রবেশ করানো হয় যে, থার্মোমিটারের বাল্ব জলের ভিতরে থাকে। কর্কের আর একটি ছিদ্রে বাষ্প বেরিয়ে যাওয়ার জন্য একটি বাঁকানো কাচনল আটকানো হয় এবং অপর আর একটি ছিদ্রে একটি U-নলকে কিছুটা পারদপূর্ণ ক'রে আটকানো হয় (চিত্র 26)। এবার ফ্লাস্ককে তাপ দেওয়া হয়। ইহাতে জলের উষ্ণতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায় ও এক সময় জল ফুটতে থাকে। এই অবস্থায় ফ্লাস্কের সমস্ত জল থেকে বুদ্‌বুদ্‌ উপরে ওঠে এবং থার্মোমিটার স্থির উষ্ণতা নির্দেশ করে।



চিত্র 26

ইহাই স্ফুটন। যতক্ষণ স্ফুটন চলে ততক্ষণ থার্মোমিটার একই পাঠ নির্দেশ করে। U-নলের দুই বাহুতে পারদের লেভেলও (level) একই উচ্চতায় থাকে। কাজেই বোঝা যায় যে, স্ফুটন একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘটে এবং এই সময় তরলের বাষ্পচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। স্ফুটনের সময় বাষ্প বেরিয়ে যাবার নল বন্ধ ক'রে দিলে থার্মোমিটারে উষ্ণতা ক্রমশ বাড়তে থাকে। কারণ, বাষ্প বার না হওয়ায় ফ্লাস্কের ভিতরে বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায়। U-নলে পারদের লেভেল লক্ষ্য ক'রলেই ইহা বোঝা যায়। কাজেই তরলের উপর বাষ্পচাপ বৃদ্ধি পেলে তরলের স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়।

● **প্রয়োগ (Application)**: 'চাপ হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস' ঘটনা বিভিন্ন শিল্প প্রতিষ্ঠানে প্রযুক্ত হ'তে দেখা যায়। যেমন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ইত্যাদি কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থের প্রস্তুতিতে, চিনির দ্রবণ থেকে চিনির কেলাস প্রস্তুতিতে ইহার প্রয়োগ দেখা যায়।

আবার, 'চাপ বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি' ঘটনাও বিভিন্ন শিল্প প্রতিষ্ঠানে প্রযুক্ত হ'তে দেখা যায়। যেমন, কৃত্রিম সিল্ক প্রস্তুতিতে, করাতের গুঁড়ো ও কস্টিক সোডা থেকে কাগজের মণ্ড প্রস্তুতিতে ইহার প্রয়োগ দেখা যায়। তাছাড়া রোগীর ব্যবহৃত ব্যান্ডেজ, তোয়ালে ইত্যাদি এই প্রণালীতে জীবাণুমুক্ত করা হয়। টিনের কৌটায় সংরক্ষিত খাদ্য তৈরিতেও ইহার প্রয়োগ আছে।

(v) **পাত্রের উপাদান**: যে পাত্রে তরলকে ফোটানো হয় তার উপাদান ও পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতার উপর তরলের স্ফুটনাঙ্ক সামান্য পরিমাণে নির্ভর করে।

● **বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য (Distinction between evaporation and boiling)**:

(i) বাষ্পায়ন কেবলমাত্র তরলের উপর তল থেকে হয়। কিন্তু স্ফুটন তরলের সমগ্র অংশ জুড়ে ঘটে।

(ii) বাষ্পায়ন যে কোন উষ্ণতায় ও চাপে সংঘটিত হয়। কিন্তু স্ফুটন একটি নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় ঘটে।

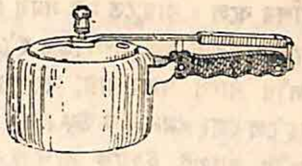
(iii) বাষ্পায়ন সাধারণত নিঃশব্দে ও ধীরে ধীরে হয়। কিন্তু স্ফুটন সশব্দে ও দ্রুতগতিতে ঘটে।

(iv) তরলের উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়। কিন্তু স্ফুটন শুরু হ'লে উষ্ণতা স্থির থাকে।

3·3. প্রেসার কুকার (Pressure cooker):

পাহাড়ের উপর বা উচ্চ স্থানে রান্নার কাজে এই বিশেষ ধরনের কুকার ব্যবহৃত হয়। এই কুকারের গঠন প্রণালী 27 নং চিত্রে দেখানো হ'য়েছে। ইহা অ্যালুমিনিয়ামের পুরু পাত দিয়ে তৈরী একটি পাত্র। এই পাত্রে উপযুক্ত ঢাক্‌না ও নিরাপত্তা ভাল্‌ভ (safety valve) থাকে। পাত্রের সঙ্গে ঢাক্‌নাকে বায়ুনিরুদ্ধভাবে (air tight) আটকানো যায়। ঢাকনার ছিদ্রে একটি ভাল্‌ভ

ওজনের দ্বারা লিভারের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে চেপে থাকে। পাত্রের ভিতরে বাষ্প চাপ (আগে থাকতে ঠিক করা) একটি নির্দিষ্ট সীমা অতিক্রম ক'রলে অতিরিক্ত বাষ্প ভাল্‌ভ দিয়ে বেরিয়ে যায়। যদি লিভার দ্বারা এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান অতিরিক্ত চাপ সৃষ্টি করা যায় তাহ'লে সমুদ্র তলেই জলের স্ফুটনাঙ্ক 120°C হয়। এই কুকারের সাহায্যে 15 থেকে 20 মিনিটে মাংস সিদ্ধ করা যায়। স্প্রিং-দ্বারা ভাল্‌ভের উপর চাপ প্রয়োগ করা যায়।

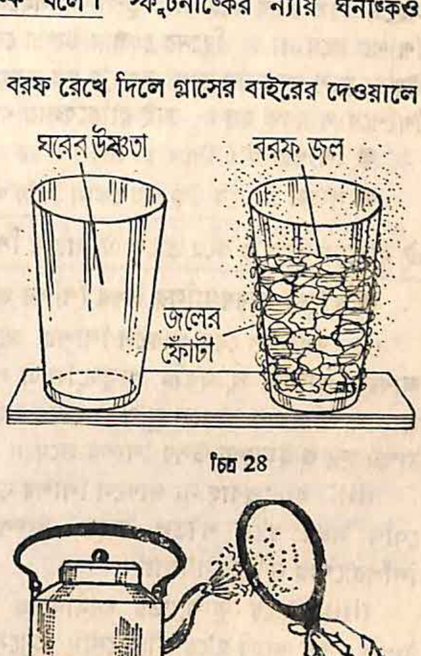


চিত্র 27

3·4. ঘনীভবন (Condensation) :

বাষ্পীভবনের বিপরীত প্রক্রিয়াই ঘনীভবন। কোন বাষ্পকে ক্রমশ ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা তরলে পরিণত হয়। ইহাকেই ঘনীভবন বলে। যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন পদার্থের ঘনীভবন ঘটে তাকে ইহার **ঘনাঙ্ক বলে।** স্ফুটনাঙ্কের ন্যায় ঘনাঙ্কও **বায়ুর চাপের উপর নির্ভর করে।**

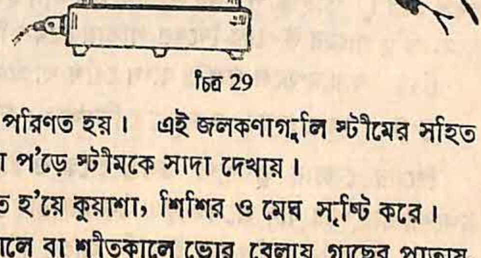
● **পরীক্ষা :** (i) একটি কাচের গ্লাসে বরফ রেখে দিলে গ্লাসের বাইরের দেওয়ালে জলকণা জমে। কারণ, ঠাণ্ডা গ্লাসের সংস্পর্শে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প জলকণায় পরিণত হয় (চিত্র 28)।



চিত্র 28

(ii) একটি কেট্‌লিতে জল ফোটালে জলীয়বাষ্প কেট্‌লির নল বেয়ে বেরিয়ে আসে। এই নলের সামনে একটি ঠাণ্ডা ধাতব পাতকে ধ'রলে ঐ পাতের গায়ে বিন্দু বিন্দু জল জমে (চিত্র 29)। কারণ, জলীয় বাষ্প ঠাণ্ডা পাতের সংস্পর্শে এসে ঠাণ্ডা হ'য়ে পুনরায় জলে পরিণত হয়।

স্টীম বর্ণহীন হওয়া সত্ত্বেও কেট্‌লির মুখ থেকে নির্গত স্টীমকে সাদা দেখায়। তার কারণ, বাইরের উষ্ণতা কেট্‌লির ভিতরের উষ্ণতার চেয়ে অনেক কম। কেট্‌লির মুখ থেকে নির্গত স্টীম ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে কিছু পরিমাণে ঘনীভূত হ'য়ে জলকণায় পরিণত হয়। এই জলকণাগুলি স্টীমের সহিত ভাসতে থাকে। ইহাদের উপর আলো প'ড়ে স্টীমকে সাদা দেখায়।



চিত্র 29

বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হ'য়ে কুয়াশা, শিশির ও মেঘ সৃষ্টি করে।

● **শিশির (Dew) :** হেমন্তকালে বা শীতকালে ভোর বেলায় গাছের পাতায়,

টিনের চালে, ঘাসের উপরে বিন্দু বিন্দু জলকণা দেখতে পাওয়া যায়। ইহাদের **শিশির** বলে। বায়ুতে সব সময় জলীয় বাষ্প থাকে। কারণ—সমুদ্র, নদনদী ইত্যাদি থেকে সর্বদাই জল বাষ্পীভূত হ'য়ে বায়ুমণ্ডলে মেশে। সাধারণত বায়ুতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ু সংপৃক্ত হয় না। কিন্তু যদি এই বায়ু ক্রমশ শীতল হয় তাহ'লে ইহা এমন এক উষ্ণতায় (শিশিরাঙ্কে) পেঁছায়, যে উষ্ণতায় ইহাতে অবস্থিত জলীয় বাষ্পই ইহাকে সংপৃক্ত করে। উষ্ণতা আর সামান্য কমলে এই সংপৃক্ত বাষ্প জমে জলকণায় পরিণত হয়। সূর্যাস্তের পর ভূ-পৃষ্ঠের তুলনায় গাছের পাতা, ঘাস ইত্যাদি দ্রুত শীতল হয়। বায়ুমণ্ডলের বাষ্প ইহাদের সংস্পর্শে এসে বিন্দু বিন্দু জলকণারূপে জমতে থাকে। যে বস্তু যত ভাল তাপ বিকিরক অথচ তাপ কুপরিবাহী তার উপরে তত সহজে ও আগে শিশির জমে। কারণ এই বস্তুগুলি তাপ বিকিরণ ক'রে সহজেই ঠাণ্ডা হয়, আবার তাপ কুপরিবাহী হওয়ায় পারিপার্শ্বিক বস্তু থেকে সহজে তাপ গ্রহণ করে না ; ভূ-পৃষ্ঠ সহজে শীতল হয় না, তাই ইহার উপর সহজে শিশির জমে না। দিনের বেলায় উষ্ণতা বেশি হওয়ায় যে বাষ্প অসংপৃক্ত থাকে রাত্রে উষ্ণতা হ্রাস পাওয়ায় তাহা সংপৃক্ত হয় এবং শীতল বস্তুর সংস্পর্শে ঘনীভূত হ'য়ে শিশিরে পরিণত হয়। তাই রাত্রিবেলায় বাষ্প শিশিরে পরিণত হয়।

● **শিশিরাঙ্ক (Dew point) ঃ**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করে তাকে ঐ বায়ুর **শিশিরাঙ্ক** বলে।

● **নীচের কারণগুলির উপর শিশির জমা নির্ভর করে—**

(i) আকাশে মেঘ থাকলে শিশির জমে না। কারণ, পৃথিবীর উপর মেঘের আবরণ থাকায় পৃথিবীর বস্তুগুলি ঐ সময় শিশির জমার মত শীতল হয় না। আকাশ পরিষ্কার থাকলে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে সহজে তাপ বিকিরিত হয় এবং বস্তুগুলি দ্রুত ঠাণ্ডা হয় ও ইহাদের উপর শিশির জমে।

(ii) বায়ুপ্রবাহ না থাকলে শিশির ভালভাবে জমে। কারণ, সেক্ষেত্রে বায়ুস্তর বেশি সময় ধ'রে শীতল বস্তুর সংস্পর্শে থাকতে পারে। ফলে জলীয়বাষ্প শিশিরাঙ্কের নীচে পেঁছায়।

(iii) রাত্রে ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি বায়ু ঠাণ্ডা থাকে। কারণ উপরের বায়ু ঠাণ্ডা হ'লে ভারী হ'য়ে নীচে নেমে আসে। উপরের স্তর অপেক্ষাকৃত উষ্ণ বায়ু দখল করে। তাই-ভূ-পৃষ্ঠের উপরিস্থিত ঘাস ইত্যাদি ছোট ছোট গাছে শিশির সহজে জমে, উঁচু গাছের উপরের দিকের পাতায় তেমন শিশির জমে না।

(iv) বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প বেশি থাকলে উহা তাড়াতাড়ি সংপৃক্ত হয়।

3·5. কুয়াশা ও কুহেলিকা (Fogs and mist) ঃ

দিনের বেলায় ভূ-পৃষ্ঠ উত্তপ্ত থাকে ও রাত্রিতে তাপ বিকিরণ ক'রে শীতল হয়। উপরের বায়ুস্তর যদি অপেক্ষাকৃত উষ্ণ হয় তাহ'লে নিম্নস্তরের বাষ্প ঘনীভূত হ'য়ে বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা ইত্যাদি আশ্রয় ক'রে বিন্দু বিন্দু জলকণায় পরিণত হয়

এবং বায়ুর নীচের স্তরে ভাসতে থাকে। ভাসমান এই জলকণাগুলিকে একত্রে কুয়াশা বলে। বায়ুমণ্ডলে ধূলিকণা, ধোঁয়া ইত্যাদি বেশি থাকলে ঘন কুয়াশা সৃষ্টি হ'তে দেখা যায়।

মাত্রানুযায়ী জলীয়বাষ্পের ঘনীভবনকে দু'ভাগে ভাগ করা হয় :—(i) **কুয়াশা ও** (ii) **কুহেলিকা**। তাছাড়া কুয়াশা সাধারণত স্থলভাগের উপরে এবং কুহেলিকা জলের উপরে উৎপন্ন হয়। দিনের উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কুয়াশার অবসান হয়। কারণ বায়ুমণ্ডল তখন অসংপৃক্ত হ'য়ে যায়। তাছাড়া জলকণাগুলি ক্রমশ বাষ্পীভূত হয়।

3·6. মেঘ (Clouds) :

বায়ুর উচ্চস্তরে গঠিত কুহেলিকাই মেঘ। সমুদ্র, নদী-নালা, খালবিল, ইত্যাদি থেকে জল অবিরাম বাষ্পীভূত হ'য়ে বায়ুমণ্ডলে জমা হয়। হাল্কা জলীয় বাষ্প নীচে থেকে উপরে ওঠে। উপরে ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে ঠাণ্ডা হ'য়ে ঐ জলীয় বাষ্প ধূলিকণার উপর ঘনীভূত হয় এবং জলকণারূপে বায়ুতে ঘুরে বেড়ায়। তাছাড়া বায়ুমণ্ডলের উপর দিকে চাপ কম থাকায় জলীয় বাষ্প আয়তনে প্রসারিত হয়, অধিকতর ঠাণ্ডা হয় ও ভাসমান ধূলিকণাকে আশ্রয় ক'রে জলকণায় পরিণত হ'য়ে ভাসতে থাকে। এইভাবে মেঘের উৎপত্তি হয়। ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি মেঘ থেকে বৃষ্টি হয়। মেঘের জলকণাগুলি ভাসতে ভাসতে পরস্পর সংযুক্ত হ'য়ে বড় বড় বিন্দুতে পরিণত হয়। ফলে বৃষ্টি হয়। মেঘের জলবিন্দুগুলির অনবরত ভাঙা-গড়া চ'লতে থাকে। কখনও বা একটি জলকণা ভেঙে গিয়ে অসংখ্য জলকণায় পরিণত হয়, আবার কখনও অসংখ্য জলকণা সংযুক্ত হ'য়ে একটি বড় জলকণায় পরিণত হয়।

3·7. লীন তাপ (Latent heat) :

কোন বস্তুকে তাপ দিলে উহার উষ্ণতা বাড়ে এবং থার্মোমিটার দ্বারা এই উষ্ণতা বৃদ্ধি বোঝা যায়। এই বোধগম্য তাপের দরুন বস্তুর অবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু তাপ প্রয়োগে যখন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন হয় তখন উষ্ণতা একই থাকে। গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের সময় ইহা লক্ষ্য করা যায়। প্রযুক্ত তাপ সেক্ষেত্রে উষ্ণতা বাড়ায় না, অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়। এই তাপকে লীন তাপ বলে। অবস্থান্তরের সময় বস্তুর আয়তনের পরিবর্তনের জন্য কৃত কার্য এবং অণুগুলির মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে আভ্যন্তরীণ কার্যের জন্য এই তাপের প্রয়োজন হয়।

● **কঠিন বস্তুর গলনের লীন তাপ :**

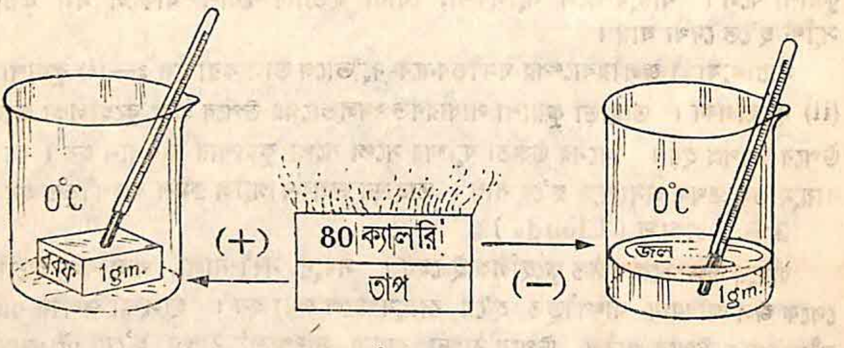
● **সংজ্ঞা :** উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে কোন কঠিন পদার্থের একক ভরকে ইহার গলনাঙ্কে কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরিত ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পদার্থের গলনের **লীন তাপ** বলে।

● **বরফ গলনের লীন তাপ :**

● **সংজ্ঞা :** উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে 0°C উষ্ণতায় 1 গ্রাম বরফকে জলে পরিণত ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে **বরফ গলনের লীন তাপ** বলে।

বরফ গলনের লীন তাপের পরিমাণ 80 ক্যালরি/গ্রাম। কাজেই বোঝা যায় যে, 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলে 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম বরফের চেয়ে 80 ক্যালরি তাপ বেশি থাকে। এই 80 ক্যালরি তাপ নিয়ে নিলে 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম জল 0°C

উষ্ণতার এক গ্রাম বরফে পরিণত হয়। আবার 0°C উষ্ণতায় এক গ্রাম বরফকে 80



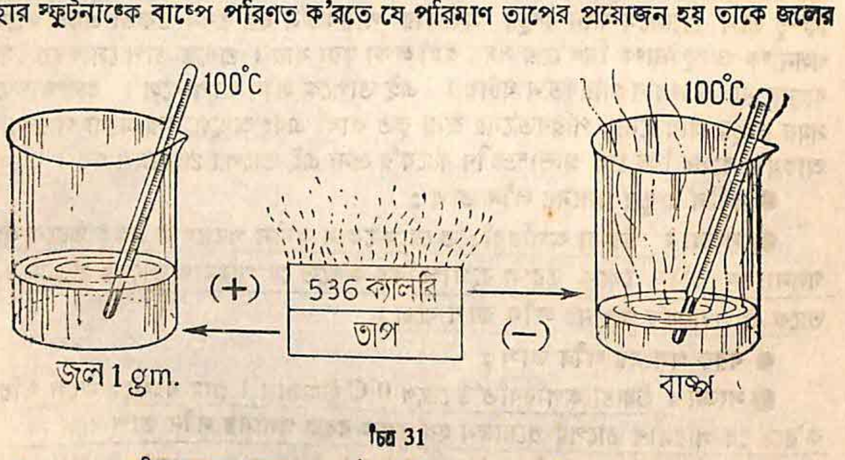
চিত্র 30

ক্যালরি তাপ দিলে ঐ বরফ 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলে পরিণত হয়। এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন তাপ = 144 ব্রিটিশ থার্মাল একক/পাউন্ড।

কঠিনীভবনের লীন তাপের সংজ্ঞা (Latent heat of solidification): উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে কোন তরল পদার্থের একক ভরকে ইহার হিমাঙ্কে কঠিনে পরিণত ক'রতে যে পরিমাণ তাপ নিষ্কাশিত ক'রতে হয় তাকে **কঠিনীভবনের লীন তাপ** বলে।

● **বাষ্পীভবনের লীন তাপের সংজ্ঞা:** উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে কোন তরল পদার্থের একক ভরকে ইহার স্ফুটনাঙ্কে তরল থেকে গ্যাসে রূপান্তরিত ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ তরলের **বাষ্পীভবনের লীন তাপ** বলে।

● **জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ:** উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে একগ্রাম জলকে উহার স্ফুটনাঙ্কে বাষ্পে পরিণত ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে জলের



চিত্র 31

বাষ্পীভবনের লীন তাপ বলে। এই লীন তাপের পরিমাণ 536 ক্যালরি/গ্রাম। এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ 970·2 ব্রিটিশ থার্মাল একক/পাউন্ড।

ঘনীভবনের লীন তাপের সংজ্ঞা (Latent heat of condensation) : উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে কোন গ্যাসীয় পদার্থের একক ভরকে ইহার স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কে তরলে পরিণত ক'রতে যে পরিমাণ তাপ নিষ্কাশিত ক'রতে হয় তাকে ঘনীভবনের লীন তাপ বলে।

লীন তাপ সম্পর্কে বিশেষ আলোচনা ঃ

(i) আমরা জানি যে, 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম বরফকে 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলে পরিণত ক'রতে 80 ক্যালরি তাপ লাগে। কাজেই বোঝা যায় যে, 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম বরফের চেয়ে 0°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলে 80 ক্যালরি তাপ বেশি থাকে। সুতরাং একটি বরফের ব্লকের মধ্যে গর্ত ক'রে ঐ গর্তে কিছু জল রাখলে ঐ জল কখনই জমে বরফ হবে না, কেননা জলের উষ্ণতা বরফের সংস্পর্শে হ্রাস পেয়ে বরফের সমান অর্থাৎ 0°C হবার পর ঐ জল থেকে আর বরফ দ্বারা তাপ নিষ্কাশিত হবে না। কিন্তু 0°C উষ্ণতার প্রতি গ্রাম জল থেকে আরো 80 ক্যালরি তাপ নিষ্কাশিত না হ'লে জল জমে বরফ হবে না।

(ii) আবার আমরা জানি যে, 100°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার স্টীমে পরিণত ক'রতে 536 ক্যালরি তাপ লাগে। কাজেই বোঝা যায় যে, 100°C উষ্ণতার এক গ্রাম জলের চেয়ে 100°C উষ্ণতার এক গ্রাম স্টীমে 536 ক্যালরি তাপ বেশি থাকে। সুতরাং জলের উষ্ণতা 100°C ক'রলে ইহা স্টীমে পরিণত হবে না। 100°C উষ্ণতার প্রতি গ্রাম জলে 536 ক্যালরি তাপ প্রয়োগ ক'রলে তবে ঐ জল স্টীমে পরিণত হবে। তাই ফুটন্ত জলের চেয়ে স্টীমের সংস্পর্শে হাত বেশি পোড়ে।

বাষ্পীভবনে উষ্ণতা হ্রাস (Cold caused by evaporation) : স্ফুটনের সময় বাইরে থেকে তাপ প্রয়োগ ক'রলে তরল বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু বাষ্পায়নের সময় লীন তাপ কোথা থেকে আসে ? এই লীন তাপ চারপাশ থেকে ও তরলের অভ্যন্তর থেকে সংগৃহীত হয়। তাই বাষ্পায়নের দরুন তরলের এবং চারপাশের উষ্ণতা হ্রাস পায়। কাজেই, বাষ্পায়নের দরুন উষ্ণতা হ্রাস পায়। নীচে কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে বাষ্পায়নের দরুন উৎপন্ন শীতলতা সম্পর্কে আলোচনা করা হ'য়েছে।

(i) **হাতে স্পিরিট বা ইথার ঢাললে ঠাণ্ডা বোধ হয় :** স্পিরিট বা ইথার জাতীয় উদ্বায়ী তরল পদার্থ হাতে ঢাললে হাত ঠাণ্ডা হ'য়ে যায়। উবে যাওয়ার জন্য এই তরল পদার্থগুলি হাত থেকে লীন তাপ সংগ্রহ করে। তাই হাত ঠাণ্ডা হয়।

(ii) **মাটির কলসীতে জল বেশি ঠাণ্ডা থাকে :** মাটির কলসীর দেওয়ালে অসংখ্য ছিদ্র থাকায় কলসীর জল এই সব ছিদ্র দিয়ে চুঁইয়ে চুঁইয়ে বাইরে আসে ও দ্রুত বাষ্পীভূত হয়। বাইরে জল বাষ্পে পরিণত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ

কলসীর ভিতরের জল থেকে সংগ্রহ করে ব'লে কলসীর জল ঠাণ্ডা হ'য়ে যায়। কাচের বা পিতলের কলসীতে ছিদ্র না থাকায় জল ঠাণ্ডা হয় না।

(iii) **জল ঢাললে রাস্তা, ঘরের মেঝে, বাড়ির ছাদ ঠাণ্ডা হয়ঃ** উত্তপ্ত রাস্তায়, ঘরের মেঝেয় বা বাড়ির ছাদে জল ঢাললে জল বাষ্পীভূত হয় এবং এই বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ রাস্তা, ঘরের মেঝে বা বাড়ির ছাদ থেকে সংগ্রহ করে। তাই ইহারা ঠাণ্ডা হয়।

(iv) **গ্রীষ্মকালে খসখস টাঙ্গালে ঘর ঠাণ্ডা হয়ঃ** গ্রীষ্মকালে খসখসে জল দিলে খসখস থেকে তাপ নিয়ে জল বাষ্পীভূত হয়। এই কারণে খসখস ঠাণ্ডা হয়। বাইরের উত্তপ্ত বায়ু এই খসখসের মধ্য দিয়ে ঘরে প্রবেশ করার সময় ঠাণ্ডা হয়। তাই ঘর ঠাণ্ডা থাকে।

(v) কাপ থেকে গরম চা ডিশে ঢাললে উহা ছড়িয়ে যায়; ইহাতে তরলের উপর তল বিস্তৃত হয়। তাই চা তাড়াতাড়ি বাষ্পায়িত হয় এবং ডিসের চা থেকে লীন তাপ সংগৃহীত হয়। এইজন্য ঐ চা তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয়।

(vi) একটি থার্মোমিটারকে জলে ডুবিয়ে জলের উষ্ণতা লক্ষ্য করা হয়। এবার থার্মোমিটারকে জলের বাইরে আনলে দেখা যায় যে, পারদ নীচে নামছে। ইহার কারণ কি? কারণ হিসেবে বলা যায় যে, থার্মোমিটার কুণ্ডের গায়ের জলবিন্দুগুলি বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় লীনতাপ থার্মোমিটারের গা, পারদ ও পারিপার্শ্বিক থেকে গ্রহণ করে। তাই পারদ আয়তনে সংকুচিত হয় ও ধীরে ধীরে নামতে থাকে।

বাষ্পায়নের লীন তাপ গ্রহণ পদ্ধতিকে কাজে লাগিয়ে বরফের কল (ice machine), রেফ্রিজারেটার (refrigerator) ইত্যাদি তৈরি করা হয়।

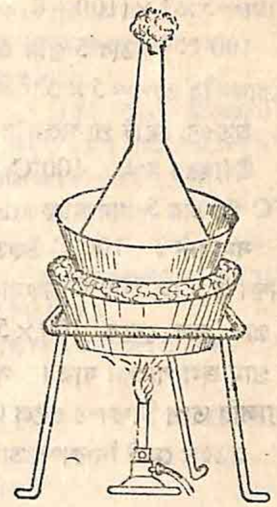
3·8. উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী পদার্থের পার্থক্য (Distinction between volatile and non-volatile substances):

● **উদ্বায়ী পদার্থ:** যে কঠিন বা তরল পদার্থগুলি সাধারণ উষ্ণতায় বা সাধারণ উষ্ণতা থেকে কিছু বেশি উষ্ণতায় দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়, কিন্তু নিজেদের সংযুক্তির কোন পরিবর্তন ঘটায় না তাদের **উদ্বায়ী পদার্থ** বলে। যেমন, স্পিরিট, ইথার, কর্পূর ইত্যাদি।

● **অনুদ্বায়ী পদার্থ:** যে কঠিন বা তরল পদার্থগুলি সাধারণ উষ্ণতায় বা সাধারণ উষ্ণতার চেয়ে কিছু বেশি উষ্ণতায় সামান্যই বাষ্পীভূত হয় অথবা আদৌ বাষ্পীভূত হয় না তাদের **অনুদ্বায়ী পদার্থ** বলে। যেমন, নারকেল তেল, গ্লিসারিন ইত্যাদি।

উদ্বায়ী তরল পদার্থ স্ফুটনাঙ্কে সংযুক্তির কোন পরিবর্তন না ঘটিয়ে বাষ্পে পরিণত হয় ; কিন্তু অনুদ্বায়ী তরল পদার্থ স্ফুটনাঙ্কে বা স্ফুটনাঙ্কে পেঁছাবার আগেই বিয়োজিত হয়।

● **একটি পরীক্ষা :** মনে করি বালি ও আয়োডিনের একটি মিশ্রণ আছে ; বালি অনুদ্বায়ী এবং আয়োডিন উদ্বায়ী পদার্থ। এই মিশ্রণকে একটি চীনা মাটির পাত্রে নেওয়া হয়। একটি ফানেলকে উপুড় ক'রে বসিয়ে মিশ্রণকে সম্পূর্ণ ঢেকে দেওয়া হয়। ফানেলের সরু মুখ তুলো দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয় ও ফানেলকে ঠাণ্ডা করার জন্য ইহার গায়ে জলে ভেজা ব্লটিং পেপার জড়িয়ে দেওয়া হয়। অতঃপর চীনামাটির পাত্রকে বালি খোলার উপর রেখে বুনসেন দীপের সাহায্যে বালিখোলাকে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 32)। ইহাতে আয়োডিন বাষ্পে পরিণত হ'য়ে ফানেলের গায়ে লাগে ও পুনরায় জমে যায়। কিছু সময় পরে সমস্ত আয়োডিন ফানেলের গায়ে জমা হয় এবং চীনা মাটির পাত্রে শুধু বালি পড়ে থাকে।



চিত্র 32

উদাহরণ 3·1. 0°C উষ্ণতায় 10 গ্রাম বরফকে 0°C উষ্ণতার 10 গ্রাম জলে পরিণত ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন ?

সমাধান : আমরা জানি যে, 0°C উষ্ণতার 1 গ্রাম বরফকে 0°C উষ্ণতার 1 গ্রাম জলে পরিণত ক'রতে 80 ক্যালরি তাপের প্রয়োজন। কাজেই 0°C উষ্ণতার 10 গ্রাম বরফকে 0°C উষ্ণতার 10 গ্রাম জলে পরিণত ক'রতে $10 \times 80 = 800$ ক্যালরি তাপের প্রয়োজন।

উদাহরণ 3·2. 100°C উষ্ণতার 10 গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার 10 গ্রাম বাষ্পে পরিণত ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন ?

সমাধান : আমরা জানি যে, 100°C উষ্ণতার 1 গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার 1 গ্রাম বাষ্পে পরিণত ক'রতে 536 ক্যালরি তাপ লাগে। কাজেই, 100°C উষ্ণতার 10 গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার 10 গ্রাম বাষ্পে পরিণত ক'রতে $10 \times 536 = 5360$ ক্যালরি তাপের প্রয়োজন।

উদাহরণ 3·3. 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বরফকে তাপ দ্বারা 100°C উষ্ণতার স্টীমে পরিণত ক'রতে কত তাপ প্রয়োজন ? বরফ গলনের লীন তাপ 80 ক্যালরি / গ্রাম, জলের আঃ তাঃ $= 1$ ও স্টীমের লীন তাপ $= 537$ ক্যালরি / গ্রাম।

সমাধান : 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বরফকে 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জলে পরিণত ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ $= 5 \times 80 = 400$ ক্যালরি। 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জলকে

100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ = জলের ভর × আঃ তাপ × উষ্ণতা বৃদ্ধি $= 5 \times 1 \times (100-0) = 500$ ক্যালরি।

100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম স্টীমে পরিণত ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ $= 5 \times 536 = 2680$ ক্যালরি।

অতএব, মোট প্রয়োজনীয় তাপ $= 400 + 500 + 2680 = 3580$ ক্যালরি।

উদাহরণ 3·4. 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বাষ্প থেকে কত তাপ নিষ্ক্রান্ত হ'লে 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বরফ পাওয়া যাবে? বাষ্পের লীন তাপ = 537 cal/gm.

সমাধান: 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বাষ্প থেকে $5 \times 537 = 2685$ ক্যালরি তাপ নিষ্ক্রান্ত হ'লে 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জল পাওয়া যায়। আবার 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জল থেকে $100 \times 5 = 500$ ক্যালরি তাপ নিষ্ক্রান্ত হ'লে 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জল পাওয়া যায়। পুনরায় 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জল থেকে $5 \times 80 = 400$ ক্যালরি তাপ নিষ্ক্রান্ত হ'লে 0°C উষ্ণতার 5 গ্রাম বরফ পাওয়া যায়।

সুতরাং মোট নিষ্ক্রান্ত তাপ $= 2685 + 500 + 400 = 3585$ ক্যালরি।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন:

1. পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাকে বলে? গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্কের পার্থক্য কি? লোহার গলনাঙ্ক 1300°C ব'লতে কি বোঝায়?

2. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি? উদাহরণ দ্বারা বোঝাও। পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে গলনাঙ্ক নির্ণয় করা যায়?

3. ঘনীভবন কাকে বলে উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

4. কয়েক টুকরো বরফ হাতে নিয়ে চাপ দিলে জুড়ে যায় কেন? ভারযুক্ত একটি তামার তার একখণ্ড বরফ কেটে কিভাবে বেরিয়ে আসে ব্যাখ্যা কর। তামার তারের পরিবর্তে সাধারণ সুতোয় কি এইরূপ হবে?

5, বাষ্পীভবন কাকে বলে? একটি পরীক্ষার সাহায্যে বাষ্পায়ন ব'লতে কি বোঝায় ব্যাখ্যা কর। বাষ্পায়নের হার কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

6. স্ফুটন ও স্ফুটনাঙ্ক কাকে বলে? স্ফুটনের হার কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে? বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য কি?

7. একটি পাত্রকে জ্বলন্ত চুল্লীর উপর বসানো হ'ল, চুল্লী থেকে তাপ জলে যেতে থাকলে জলের উষ্ণতা বাড়তে থাকে। কিন্তু জল যখন ফুটতে আরম্ভ করে তখন উষ্ণতা আর বাড়ে না। ইহার কারণ কি? তাপ তখন কোথায় যায়? [M. Exam. (Comp) 1976]

8. 'লীন তাপ' ব'লতে কি বোঝায়? ইহা থার্মোমিটারে ধরা যায় না কেন?

9. তরলের স্ফুটনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভরশীল। ইহার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর! [M. Exam. *1981*]

10. স্ফুটনাঙ্ককে প্রভাবিত করে এমন একটি বিষয়ের উল্লেখ কর। [M. Exam. *1983*]

11. প্রেসার কুকারের মূলনীতি কি? [M. Exam, 1980]

12. পদার্থের গলনাঙ্ক কাকে বলে? [M. Exam. 1979,'82]

13. চাপবৃদ্ধি ক'রলে বরফের গলনাঙ্ক কি প্রভাবিত হয় ? ইহার একটি সহজ উদাহরণ দাও।
[M. Exam. 1979, '82]

14. কলিকাতা ও দার্জিলিং-এ জলের স্ফুটনাঙ্ক কি এক ? যুক্তি সহকারে উত্তর দাও। জলের উপরকার চাপ স্বাভাবিক চাপ অপেক্ষা বেশি হ'লে স্ফুটনাঙ্ক 100°C অপেক্ষা বেশি হয়। কিভাবে ইহা আমাদের কাজে লাগানো হ'য়েছে একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
[M. Exam. (Comp.) 1976]

15. অবস্থা পরিবর্তনের সময় পদার্থে প্রযুক্ত তাপের কি পরিণতি ঘটে ? বরফ গলনের লীন তাপ 80 ক্যালরি/গ্রাম এবং জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ 537 ক্যালরি/গ্রাম ব'লতে কি বোঝায় ?

16. পাহাড়ের উপর রান্না ক'রতে অধিক সময়ের কেন প্রয়োজন হয় ব্যাখ্যা কর।
[M. Exam. 1978]

17. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের ঘনীভবনের দৃষ্টান্ত দাও। মেঘ ও কুয়াশার মধ্যে পার্থক্য কি ?

18. শিশির কাকে বলে ? কোন্ কোন্ অবস্থায় বেশি শিশির জমে ?

19. জলীয় বাষ্প বর্ণহীন কিন্তু কেটলীর মুখ থেকে নির্গত স্টীম সাদা দেখায় কেন ?

20. নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :
(i) এক ফোঁটা স্পিরিট হাতে প'ড়লে ঠাণ্ডা বোধ হয় কেন ? [M. Exam. 1977]
(ii) ঘর্মাক্ত শরীরে পাখার বাতাস ক'রলে ঠাণ্ডা বোধ হয় কেন ?
(iii) পাহাড়ের উপর রান্না ক'রতে বেশি সময় লাগে কেন ?
(iv) বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজে জামা-কাপড় তাড়াতাড়ি শুকোয় কেন ?
(v) পিতলের কলসী অপেক্ষা মাটির কলসীতে জল বেশি ঠাণ্ডা হয় কেন ?
(vi) 5 গ্রাম বরফ গলাতে কত ক্যালরি তাপের প্রয়োজন ?
(vii) গরম কালে জানালা ও দরজায় খস খস টাঙানো হয় কেন ? গ্রীষ্মকালে ঘরের মেঝেতে বা ছাদে জল ছিটানো হয় কেন ?
(viii) গ্রীষ্মকালে কোন একদিন দিল্লী ও পুরীর উষ্ণতা সমান হ'লে কোথায় বেশি আরাম বোধ হয় এবং কেন ?
(ix) পাহাড়ের পাথরে ফাটল সৃষ্টি হয় কেন ?

21. শূন্যস্থান পূরণ কর :
(i) — স্থানে বাষ্পায়ন তাড়াতাড়ি হয়।
(ii) বাষ্পায়ন — উষ্ণতায় হ'তে পারে।
(iii) — বাড়লে গলনাঙ্ক বেড়ে যায়।
(iv) বাষ্পীভবনের লীন তাপের মান তরলের — উপর নির্ভর করে।
(v) — তরল পদার্থে কোন দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে স্ফুটনাঙ্ক — যায়।
(vi) বাষ্পীভবনের বিপরীত প্রক্রিয়া —।
(viii) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে তরলের গ্যাসে পরিণত হওয়াকে — বলে।

22. নীচের প্রত্যেকটি বাক্যের পাশে হ্যাঁ বা না লেখ।
(a) তাপ প্রয়োগে বা অপসারণে কোন পদার্থের এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হওয়াকে অবস্থার পরিবর্তন বলে।
(b) হিমাঙ্কে জলের আয়তন বাড়ে।
(c) সকল প্রকার পদার্থেরই সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক আছে।
(d) জলের চেয়ে স্পিরিট বেশি উদ্বায়ী।
(e) বাষ্পায়নের হার তরল পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না।
(f) চাপ কম বেশি ক'রে পদার্থের গলনাঙ্ক পরিবর্তন করা যায়।

(g) স্ফুটন যে কোন উষ্ণতায় ঘটতে পারে।
(h) জল থেকে নির্গত বায়বীয় পদার্থকে গ্যাস বলা যায়।
(i) চাপ বাড়লে তরলের স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে।
(j) একটি পাত্রে জল রেখে ইহাকে বরফ দিয়ে ঘিরে রাখলে জল জমে বরফ হবে।

23. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য উল্লেখ কর। [M. Exam, 1982]
24. লীন তাপ কাকে বলে ? এই তাপ কি থার্মোমিটারে ধরা পড়ে ? [M. Exam. 1983]
25. বরফ গলনের লীন তাপ 80 ক্যালরি/গ্রাম ব'লতে কি বোঝ ? [M. Exam. 1980]
26. প্রমাণ চাপে বরফ গলনের লীন তাপ কত ? [M. Exam. 1983]
27. (i) তরলের স্ফুটনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভরশীল। ইহার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। [M. Exam. 1981]
(ii) স্ফুটনাঙ্ককে প্রভাবিত করে এমন একটি বিষয়ের উল্লেখ কর। [M. Exam. 1983]

গাণিতিক প্রশ্ন ঃ

28. 0°C উষ্ণতার 20 গ্রাম বরফকে সম্পূর্ণ গলিয়ে 0°C উষ্ণতার জলে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন হবে ? [1600 ক্যালরি]

29. 100°C উষ্ণতার 5 গ্রাম জলকে 100°C উষ্ণতার বাষ্পে পরিণত ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হবে ? বাষ্পীভবনের লীন তাপ 537 cal/gm. [2685 ক্যালরি]

30. 0°C উষ্ণতার 10 গ্রাম বরফকে সম উষ্ণতা বিশিষ্ট জলে পরিণত ক'রতে কত তাপ লাগবে ? [M. Exam. (Tripura) 1984] [800 ক্যালরি]

মৌখিক প্রশ্ন ঃ

(i) বর্ষাকালের চেয়ে শীতকালে ভিজে কাপড় তাড়াতাড়ি শুকোয় কেন ? (ii) বরফ গলনের লীন তাপ কত ? (iii) জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপ কত ? (iv) কাপ থেকে ডিসে চা ঢাললে তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয় কেন ? (v) গলনাঙ্ক কাকে বলে ? (vi) দুটুকরো বরফ নিয়ে জোরে চাপ দিয়ে ঐ চাপ প্রত্যাহার ক'রলে বরফ খণ্ডদ্বয় একটি খণ্ডে পরিণত হয় কেন ? (vii) প্রেসার কুকারে মাংস তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয় কেন ? (ix) পর্বতের চূড়ায় জল কম উষ্ণতায় ফোটে কেন ? (x) চাপ বাড়ালে তরলের স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে না কমে ?

দ্বিতীয় অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ

স্থিতি ও গতি
(Rest and Motion)

1·1. বস্তু (body) ও কণা (particle) ঃ

নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন বিশিষ্ট নির্দিষ্ট পরিমাণ পদার্থকে **বস্তু বলে।** বস্তুর উপাদানকে **পদার্থ** বলে।

কণা ব'লতে বস্তুর এমন এক অতিক্ষুদ্র অংশকে বোঝায় যার অবস্থিতি একটি জ্যামিতিক বিন্দু দ্বারা নির্দেশিত হয়। অর্থাৎ কণা বস্তুর এমন একটি ভর-বিন্দু (mass point) যার ভর ও অবস্থিতি আছে কিন্তু আয়তন নেই ব'ললেই চলে।

'বস্তু' ও 'কণা' কথা দু'টি পদার্থ বিজ্ঞানে প্রায়শই ব্যবহৃত হয়। কাজেই এই দু'টির তফাৎ জানা বিশেষ প্রয়োজন। মনে রাখতে হবে যে, কণা বিন্দুবৎ হওয়ায় একই স্থানে কণার আবর্তন বলে কিছু নেই, আছে শুধু একস্থান থেকে অন্যস্থানে যাওয়ার গতি। বলবিদ্যায় অবশ্য অনেক সময় ক্ষুদ্র বস্তুকেও কণা হিসেবে ধরা হয়। যেমন, ঢিল, বন্দুকের গুলি ইত্যাদি।

1·2. স্থিতি ও গতি ঃ

সময়ের সঙ্গে যে বস্তুগুলির অবস্থান পরিবর্তন হয় না তাদের **স্থির বস্তু বলে।** যেমন, বাড়িঘর, গাছপালা, পাহাড়পর্বত ইত্যাদি স্থির বস্তু। সময়ের সঙ্গে যে বস্তুগুলির অবস্থান পরিবর্তিত হয় তাদের **সচল** বস্তু বা **গতিশীল** বস্তু বলে। যেমন, চলন্ত গাড়ি, উড়ন্ত পাখি, পড়ন্ত ঢিল ইত্যাদি গতিশীল বস্তু। স্থির বস্তুর স্থিরতাকে **স্থিতি** ও সচল বস্তুর সচলতাকে **গতি** বলে। স্থিতি ও গতি দু'রনের— পরম ও আপেক্ষিক।

● **পরম স্থিতি ঃ** কোন বস্তুর সম্পূর্ণ গতিহীন অবস্থাকে **পরম স্থিতি** বলে। অর্থাৎ সময়ের পরিবর্তনের সঙ্গে কোন বস্তু যদি অপর কোন প্রকৃত স্থির বস্তুর তুলনায় তার অবস্থানের কোন পরিবর্তন না ঘটায় তাহ'লে প্রথম বস্তুর স্থিতিকে **পরম স্থিতি** বলা হয়।

● **পরম গতি ঃ** সম্পূর্ণ স্থির কোন বিন্দুর তুলনায় কোন বস্তুর গতিকে **পরম গতি** বলা হয়। অর্থাৎ সময়ের পরিবর্তনের সঙ্গে কোন বস্তু যদি অপর কোন প্রকৃত স্থির বস্তুর তুলনায় তার অবস্থানের পরিবর্তন ঘটায় তাহ'লে প্রথম বস্তুর গতিকে **পরম গতি** বলা হয়।

● **আপেক্ষিক স্থিতি ঃ** সময়ের পরিবর্তনের সঙ্গে কোন বস্তু যদি অপর কোন আপাত স্থির বস্তুর তুলনায় তার অবস্থানের পরিবর্তন না ঘটায় তাহ'লে দ্বিতীয় বস্তুর তুলনায় প্রথম বস্তুর আপাত স্থিতিকে **আপেক্ষিক স্থিতি** বলা হয়।

● **আপেক্ষিক গতি ঃ** সময়ের পরিবর্তনের সঙ্গে কোন বস্তু যদি অপর কোন আপাত স্থির বস্তুর তুলনায় তার অবস্থানের পরিবর্তন ঘটায় তাহ'লে দ্বিতীয় বস্তুর তুলনায় প্রথম বস্তুর আপাত গতিকে **আপেক্ষিক গতি** বলা হয়।

● **পরম স্থিতি বা পরম গতি অজানা ঃ** পৃথিবী ও অন্যান্য গ্রহগুলি নিজ নিজ অক্ষের চারদিকে এবং আপন আপন কক্ষপথে সূর্যের চারদিকে অবিরত ঘুরে চ'লেছে। আবার সূর্য গ্রহগুলির সাথে নক্ষত্রজগতে পরিভ্রমণশীল। নক্ষত্রগুলিও একে অপরের তুলনায় স্থান পরিবর্তন করে। কাজেই, এই বিশ্বজগতে কোন কিছুই স্থির নয়। বাড়িঘর, গাছপালা, পাহাড়পর্বত আমাদের চোখে স্থির ব'লে মনে হ'লেও প্রকৃতপক্ষে ইহারা স্থির নয়; আপেক্ষিকভাবে স্থির। এই বস্তুগুলি আমাদের সঙ্গে সমান বেগে গতিশীল হওয়ায় ইহারা আমাদের কাছে স্থির ব'লে মনে হয় (যেমন সমান বেগে একই দিকে পাশাপাশি ছুটন্ত দু'টি গাড়ি পরস্পরের নিকট স্থির ব'লে মনে হয়)। তাই সংজ্ঞানুসারে, বিশ্বজগতে পরম স্থিতি ও পরম গতি ব'লে কিছু নেই—যা আছে তা আপেক্ষিক স্থিতি ও আপেক্ষিক গতি।

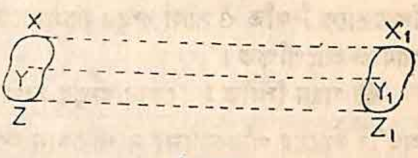
1·3. গতির প্রকারভেদ ঃ

সাধারণত গতি দু'ধরনের হয়—(i) **চলন গতি** (*translational motion*) ও (ii) **ঘূর্ণন গতি** (*rotational motion*)। যে কোন জটিল গতি (complex motion) এই দু' ধরনের গতির সহযোগে গঠিত হয়।

কোন বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনের সময় যদি ইহার প্রত্যেকটি কণা সরলরেখা বরাবর সমান দূরত্ব যায় তাহ'লে বস্তুর এইরূপ গতিকে চলন গতি বলা হয়।

মনে করি একটি দৃঢ়বস্তু (rigid body) এক স্থান থেকে কিছু সময় পরে অপর এক স্থানে যায় (চিত্র 33)।

মনে করা যাক বস্তুর প্রথম অবস্থানে X, Y, Z তিনটি কণা। বস্তুর দ্বিতীয় অবস্থানে এই কণাগুলি যথাক্রমে X_1, Y_1, Z_1। এবার X ও X_1, Y ও Y_1 এবং Z ও Z_1 সরলরেখা দ্বারা যুক্ত ক'রলে দেখা যায় $XX_1 = YY_1 = ZZ_1$। কাজেই বোঝা যায় নির্দিষ্ট সময়ে বস্তুর প্রত্যেক কণা একই দূরত্ব যায়। বস্তুটি দৃঢ় হওয়ায় XX_1, YY_1 ও ZZ_1 পরস্পর সমান্তরাল হয়। বস্তুর এইরূপ গতিই চলনগতি।



চিত্র 33

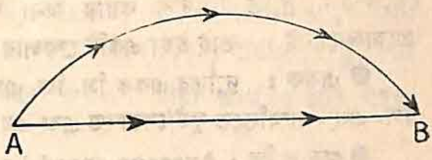
উঁচু স্থান থেকে কোন বস্তু নীচে প'ড়লে ইহার গতি হয় চলন গতি। যদি গতিশীল বস্তুর প্রত্যেকটি কণা কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের চারপাশে সমান দূরত্বে ঘোরে অর্থাৎ বৃত্তাকার পথে ঘোরে তাহ'লে বস্তুর গতিকে **ঘূর্ণন গতি** বলা হয়। এক খণ্ড পাথরকে সুতো বেঁধে ঘোরালে পাথরের গতি হয় ঘূর্ণন গতি। পৃথিবী আপন অক্ষের চারপাশে প্রায় চব্বিশ ঘণ্টায় একবার ঘোরে, কাজেই পৃথিবীর আহ্নিক গতি, **ঘূর্ণন গতি**। গাড়ির চাকার গতি একই সঙ্গে ঘূর্ণন ও চলন গতি।

● **চলন গতি সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির সংজ্ঞা ঃ**

● **সরণ (Displacement) ঃ** কোন নির্দিষ্ট দিকে কোন নির্দিষ্ট সময়ে চলন্ত বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে **সরণ** বলে। সুতরাং বস্তুর প্রাথমিক ও চূড়ান্ত

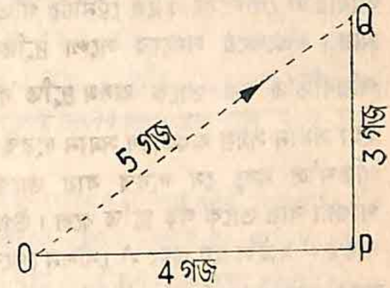
অবস্থানের মধ্যবর্তী সরল রৈখিক দূরত্বই সরণের পরিমাপ। ইহার নির্দিষ্ট মান ও নির্দিষ্ট দিক আছে। কাজেই, ইহা একটি ভেক্টর রাশি (চিত্র 34)।

কোন বস্তু A অবস্থান থেকে B অবস্থানে AB সরলরৈখিক পথে বা অপর যে কোন বক্র পথে যেতে পারে। কিন্তু বস্তুর সরণ সর্বদাই সরলরৈখিক পথে সর্বনিম্ন দূরত্ব AB হয় এবং ইহার দিক A হতে B হয়।



চিত্র 34

মনে করি, কোন বস্তু প্রথমে O বিন্দুতে আছে (চিত্র 35)। তারপর ইহা OP রেখা বরাবর 4 গজ যায় ও P বিন্দুতে পৌঁছায়। আবার ইহা OP এর লম্বরেখা PQ বরাবর 3 গজ যায় ও Q বিন্দুতে পৌঁছায়। যদিও বস্তু 7 গজ পথ যায়, কিন্তু বস্তুর সরণের পরিমাপ OQ-রেখার দৈর্ঘ্য অর্থাৎ $\sqrt{(4^2+3^2)}$ গজ বা 5 গজ, কারণ O বিন্দু বস্তুর প্রাথমিক অবস্থান এবং Q বিন্দু বস্তুর চূড়ান্ত অবস্থান।



চিত্র 35

● **একক : সরণের একক** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **সেন্টিমিটার**, এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে **ফুট** ও এম. কে. এস্. পদ্ধতিতে **মিটার**।

একটা কথা মনে রাখবে যে, একটি বস্তু কোন স্থান থেকে যাত্রা শুরু ক'রে কিছুসময় পরে যাত্রা আরম্ভের স্থানে ফিরে এলে ইহার সরণ হয় শূন্য। যেমন, কোন ব্যক্তি বাড়ি থেকে বেরিয়ে এক ঘণ্টা পরে যদি আবার বাড়ি ফিরে আসে তাহ'লে তার মোট সরণ শূন্য হয়, যদিও ঐ এক ঘণ্টার মধ্যে যে কোন সময়ে তার সরণ শূন্য নয়।

● দ্রুতি (speed) : বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে। সরল বা আঁকা বাঁকা পথে কোন বস্তু এক একক সময়ে (in a unit of time) যে দূরত্ব যায় তাই ইহার দ্রুতির পরিমাপ। কাজেই ইহার নির্দিষ্ট মান আছে, কিন্তু নির্দিষ্ট দিক নেই। সুতরাং ইহা একটি স্কেলার রাশি। যদি কোন বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট দূরত্ব যায় তাহ'লে ইহার দ্রুতিকে **সম দ্রুতি** (*uniform speed*) বলা হয়। ইহা সম না হ'লে ইহাকে **অসম দ্রুতি** (*non-uniform speed*) বলা হয়।

মনে করি, একটি বস্তু সম দ্রুতিতে 5 সেকেন্ডে 50 সেন্টিমিটার যায়। তাহ'লে বস্তুটি 1 সেকেন্ডে যায় 10 সেন্টিমিটার। কাজেই বস্তুর দ্রুতি 10 সেন্টিমিটার / সেকেন্ড। অতএব,

$$\text{দ্রুতি} = \frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব (distance traversed)}}{\text{সময় অবকাশ (interval of time)}}$$

যদি গতিশীল বস্তু t সেকেন্ডে d ফুট যায় তাহ'লে ইহার সমদ্রুতি, $S=\frac{d}{t}$ ফুট / সেকেন্ড। দ্রুতি নির্দেশ করার জন্য শুধুমাত্র দূরত্ব জানা দরকার, দিক জানার প্রয়োজন নেই। তাই ইহা একটি স্কেলার রাশি।

● **একক ঃ** দ্রুতির একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **সেন্টিমিটার / সেকেন্ড,** এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **ফুট/সেকেন্ড** এবং এম্. কে. এস্ পদ্ধতিতে **মিটার/সেকেন্ড**।

● **গড় দ্রুতি (Average speed) ঃ** মনে করি, একটি ট্রেন A স্টেশন থেকে B স্টেশনের দিকে যায়। ইহা প্রথমে ধীর গতিতে এবং পরে দ্রুত গতিতে চ'লতে থাকে। আবার B স্টেশনের কাছে ট্রেনটির গতি কমতে থাকে এবং এই স্টেশনে এসে ইহা থেমে যায়। এক্ষেত্রে সময়ের সঙ্গে দ্রুতির পরিবর্তন ঘটে। যে দ্রুতি সময়ের সঙ্গে পরিবর্তিত হয় তাকে **অসম দ্রুতি** বলে। কোন গতিশীল বস্তুর দ্রুতি অসম হ'লে ইহা সমান সময় অবকাশে সমান দূরত্ব যায় না। এইরূপ ক্ষেত্রে কোন সময় অবকাশে গতিশীল বস্তু যে দূরত্ব যায় তাকে ঐ সময় অবকাশ দিয়ে ভাগ ক'রলে যে মান পাওয়া যায় তাকে **গড় দ্রুতি** বলে। উপরের উদাহরণে যদি A ও B স্টেশনের মধ্যবর্তী দূরত্ব d মাইল হয় এবং A স্টেশন থেকে B স্টেশনে পেঁছাতে ট্রেনটির t ঘণ্টা সময় লাগে তবে গড় দ্রুতি হয় $\frac{d}{t}$ মাইল / ঘণ্টা। ট্রেনটি সম দ্রুতিতে চ'ললেও ইহার গড় দ্রুতি হ'ত $\frac{d}{t}$ মাইল / ঘণ্টা। আবার একটি কণা d_1 দূরত্ব t_1 সময়ে, d_2 দূরত্ব t_2 সময়ে এবং d_3 দূরত্ব t_3 সময়ে গেলে বস্তুর গড় দ্রুতি $=\frac{d_1+d_2+d_3}{t_1+t_2+t_3}$। একটি ট্রেন প্রথম 40 মাইল 1 ঘণ্টায় ও পরের 60 মাইল 3 ঘণ্টায় গেলে উহার গড় দ্রুতি $=\frac{40+60}{1+3}=25$ মাইল/ঘণ্টা। গতিশীল বস্তুর **অসম গতির** (*non-uniform motion*) পরিমাপ গড় দ্রুতি দ্বারা নির্ণয় করা হয়।

● **বেগ (Velocity) ঃ** কোন নির্দিষ্ট দিকে কোন গতিশীল বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে **বেগ বলে**। অর্থাৎ সময়ের তুলনায় **সরণের হারকে বেগ বলে।** সরণ নির্দেশের জন্য মান ও দিকের প্রয়োজন হওয়ায় বেগ নির্দেশের জন্যও মান ও দিক উভয়েরই প্রয়োজন হয়। মনে করি, তিন ব্যক্তি একই সময়ে কোন স্থান থেকে তিনটি বিভিন্ন রাস্তায় ঘণ্টায় এক মাইল দ্রুতিতে যায়। এক ঘণ্টা পরে ইহারা সমান দূরত্ব গেলেও ইহাদের পারস্পরিক অবস্থান বিভিন্ন হয়। কাজেই বোঝা যায় যে, কোন সময়ে কোন গতিশীল বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন জানতে গেলে ঐ বস্তুর গতির দিক ও দ্রুতি জানা প্রয়োজন। সুতরাং **গতিশীল বস্তুর গতির অভিমুখ বা দ্রুতি— যে কোন একটির পরিবর্তন ঘটলে ইহার বেগেরও পরিবর্তন ঘটে।**

যদি কোন গতিশীল বস্তু একই দিকে সমান সময় অবকাশে সমান দূরত্ব যায় তাহ'লে ইহার বেগকে **সমবেগ** (*uniform velccity*) বলা হয়। আর তা না হ'লে বস্তুর **বেগ অসম** হয়।

● **গড়বেগ (Average or Mean velocity) :** যদি গতিশীল বস্তুর বেগ অসম হয় তবে কোন সময় অবকাশে ইহার গড়বেগ নির্ণয় করা যায়। বস্তু কোন সময় অবকাশে মোট যে দূরত্ব যায় তাকে সময় অবকাশ দ্বারা ভাগ ক'রলে ইহার **গড়বেগ** পাওয়া যায়।

● **একক :** সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে বেগের একক **সেন্টিমিটার/সেকেন্ড ;** এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে বেগের একক **ফুট/সেকেন্ড** এবং এম. কে. এস. পদ্ধতিতে বেগের একক **মিটার/সেকেন্ড।** অর্থাৎ কোন কণার যদি এক সেকেন্ডে কোন নির্দিষ্ট দিকে এক সেন্টিমিটার সরণ হয় তবে তার বেগ 1 সেমি./সেকেন্ড; যদি এক ফুট সরণ হয় তবে তার বেগ 1 ফুট/সেকেন্ড, যদি এক মিটার সরণ হয় তবে তার বেগ 1 মি./সেকেন্ড।

● **দ্রুতি ও বেগের পার্থক্য (Difference between speed and velocity) :**

(i) নির্দিষ্ট দিকে কোন বস্তুর দ্রুতিই ইহার বেগ। কাজেই, দ্রুতির সঙ্গে নির্দিষ্ট দিকের সমন্বয় ঘটলে বেগ পাওয়া যায়। কোন সরলরেখা বরাবর কোন গতিশীল বস্তু সমবেগে গেলে ইহার দ্রুতি ও বেগ সমান হয়। কারণ সেক্ষেত্রে ইহার গতির অভিমুখের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু গতিশীল বস্তু সম দ্রুতিতে **বক্রপথে** (curved path) চলতে থাকলে ইহার দিক স্পর্শক বরাবর প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তিত হয়। তাই ইহার বেগের পরিবর্তন ঘটে। কাজেই বলা যায়—**সমবেগে গতিশীল কোন বস্তুর দ্রুতি সমান হয়, কিন্তু সমদ্রুতিতে গতিশীল কোন বস্তুর বেগ সমান নাও হ'তে পারে।**

(ii) দ্রুতির শুধুমাত্র মান পরিবর্তিত হ'তে পারে, কিন্তু বেগের মান অথবা দিক অথবা উভয়েরই পরিবর্তন হ'তে পারে।

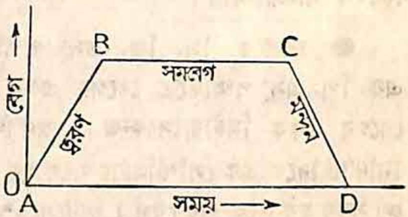
(iii) দ্রুতি ও বেগ উভয়কে একই এককে মাপা হয়।

● **ত্বরণ (Acceleration) :** সময়ের তুলনায় কোন বস্তুর বেগের পরিবর্তনের হারকে **ত্বরণ** বলে। বেগের মান ও দিক থাকায় এই পরিবর্তন উভয়েরই বা যে কোন একটির হ'তে পারে। সহজতম ক্ষেত্রে, মান পরিবর্তিত হয় এবং দিক অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং ত্বরণের মান ও দিক উভয়ই আছে।

সমান সময় অবকাশে বেগের সম পরিবর্তন ঘটলে গতিশীল বস্তুর ত্বরণকে **সমত্বরণ** (*uniform acceleration*) বলা হয়। আর তা না হ'লে বস্তুর ত্বরণ **অসম** হয়।

● **মন্দন :** মোটরগাড়ি, ট্রাম, ট্রেন ইত্যাদি যে কোন গতিশীল বস্তু সব সময়ে একই দ্রুতিতে চলে না, কখনও দ্রুতি বাড়ে, কখনও বা কমে। দ্রুতি বাড়লে বলা হয় গতি ত্বরান্বিত (accelerated) হ'য়েছে এবং দ্রুতি কমলে বলা হয় গতি মন্দীভূত (retarded) হ'য়েছে। **একক সময়ে বেগের হ্রাসকে মন্দন** (*retardation* or

deceleration) বলে। গাণিতিকভাবে ঋণাত্মক ত্বরণই মন্দন। সময়ের সঙ্গে একটি ট্রেনের বেগের পরিবর্তন সময় বেগ লেখচিত্রে দেখানো হ'য়েছে (চিত্র 36)। চিত্রে AB অংশে বেগ ক্রমশ বাড়ে। কাজেই এই অংশে ট্রেনের গতিতে ত্বরণ আছে। BC অংশে ট্রেনের বেগ অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই এই অংশে ট্রেন সম বেগে চলে। আবার CD অংশে ট্রেনের বেগ ক্রমশ কমে। কাজেই এই অংশে ট্রেনের গতিতে মন্দন আছে। যদি A ও D স্টেশন একই সরল রেখায় অবস্থিত হয় তবে AB ও CD অংশে বেগের মান সময়ের সঙ্গে পরিবর্তিত হয় কিন্তু বেগের দিক একই থাকে। মান অপরিবর্তিত থাকলেও বেগের দিক পরিবর্তনের দরুন ত্বরণ উৎপন্ন হয়। যেমন, বৃত্তাকার পথে কোন মোটরগাড়ি সম দ্রুতিতে চ'লতে থাকলেও প্রতি মুহূর্তে বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর ইহার গতির দিক পরিবর্তিত হওয়ায় ইহার গতিতে ত্বরণ উৎপন্ন হয়।



চিত্র 36

বেগ পরিবর্তনের হার দ্বারা ত্বরণের পরিমাপ করা হয়। কাজেই, ত্বরণ $=\frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময় অবকাশ}}$। যদি কোন গতিশীল বস্তুর প্রাথমিক বেগ u ও t সময় পরে ইহার বেগ v হয় তাহ'লে,

t সময় অবকাশে বেগের পরিবর্তন $= v-u$

1 " " " " $=\frac{v-u}{t}$

কাজেই, গতিশীল বস্তুর ত্বরণ f কে (সম ধ'রে নিয়ে) গাণিতিক ভাষায় লেখা যায়, $f=\frac{v-u}{t}$

যদি v বেশি হয় তা'হলে $\frac{v-u}{t}$ কে ত্বরণ বলা হয়, আর যদি u বেশি হয় তাহ'লে $\frac{v-u}{t}$ কে মন্দন বলা হয়। অর্থাৎ মন্দন = − ত্বরণ।

● **একক :** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক **'এক সেন্টিমিটার প্রতি সেকেণ্ড প্রতি সেকেণ্ড'** ; এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **'এক ফুট প্রতি সেকেণ্ড প্রতি সেকেণ্ড'** এবং এম্. কে. এস্. পদ্ধতিতে **'এক মিটার প্রতি সেকেণ্ড প্রতি সেকেণ্ড'।** এখানে লক্ষ্য করা দরকার যে, ত্বরণের এককে 'প্রতি সেকেণ্ড' কথাটি দু'বার ব্যবহার করা হ'য়েছে। কারণ ত্বরণ $=\frac{\text{কোন অবকাশে বেগের পরিবর্তন}}{\text{ঐ অবকাশ}}$। অর্থাৎ 'প্রতি সেকেণ্ড' কথাটি দু'বার ব্যবহার করার প্রয়োজন, একবার বেগ বোঝাবার জন্য ও আর একবার বেগের পরিবর্তনের হার বোঝাবার জন্য।

একটি উদাহরণের সাহায্যে ব্যাপারটা পরিষ্কার ক'রে বোঝা যাক। মনে করি, একটি ট্রেন সমতল ভূমিতে পাতা লাইনের উপর দিয়ে স্থির অবস্থা থেকে চ'লতে শুরু করে ও গতিশীল হবার পর থেকে ইহার বেগ প্রতি সেকেন্ডে বৃদ্ধি পেতে থাকে। নীচের তালিকায় বেগের হার বৃদ্ধি দেখানো হ'য়েছে—

সময়	0	1	2	3	4	5	6	সেকেন্ড
বেগ	0	1	2	3	4	5	6	মাইল প্রতি ঘণ্টায়

তালিকা থেকে দেখা যায় যে, গাড়ির বেগ প্রতি সেকেন্ডে 1 মাইল/ঘণ্টা বা 1·5 ফুট/সেকেন্ড (প্রায়) বাড়ে। কাজেই গাড়ির ত্বরণ 1·5 ফুট প্রতি সেকেন্ডে প্রতি সেকেন্ডে। সংক্ষেপে ইহাকে 1·5 ফুট/(সেকেন্ড)^2 লেখা হয়।

এখন মনে করা যাক, ঐ গাড়িটির প্রাথমিক গতিবেগ 6 মাইল/ঘণ্টা এবং প্রতি সেকেন্ডে ইহার বেগ 1 মাইল/ঘণ্টা বা 1·5 ফুট/সেকেন্ড কমে যায়। তাহ'লে ঐ গাড়ির মন্দন 1·5 ফুট প্রতি সেকেন্ডে প্রতি সেকেন্ডে।

আমরা জানি যে, $\frac{v-u}{t}=f$, বা, $v=u+ft$ ·········(i)

অর্থাৎ, যদি কোন গতিশীল বস্তুর প্রাথমিক বেগ u ও ত্বরণ f হয় তবে t সময় পরে বস্তুর বেগ হয় $u+ft$। কাজেই, বস্তুর গড়বেগ $=\frac{1}{2}[u+u+ft]=u+\frac{1}{2}ft$। এক্ষেত্রে মনে করা যায় যে, বস্তু t সময় ধ'রে ঐ গড়বেগ নিয়ে চলে। তাহ'লে t সময়ে বস্তু s দূরত্ব গেলে,

$s=$ বেগ × সময় $=(u+\frac{1}{2}ft)\times t=ut+\frac{1}{2}ft^2$ ······(ii)

(i) ও (ii) নম্বর সমীকরণ থেকে t অপনয়ন ক'রলে আর একটি সম্পর্ক পাওয়া যায়।

(i) থেকে লেখা যায়, $v^2=(u+ft)^2$

বা, $v^2=u^2+2uft+f^2t^2=u^2+2f(ut+\frac{1}{2}ft^2)=u^2+2fs$ ···(iii)

বস্তু যদি f মন্দন সহ চলে তাহ'লে ঐ সমীকরণগুলিকে লেখা যায়—

$$v=u-ft$$
$$s=ut-\frac{1}{2}ft^2$$
$$v^2=u^2-2fs$$

1·4. অভিকর্ষজ ত্বরণ (Acceleration due to gravity) :

অভিকর্ষের জন্য পতনশীল বস্তুর বেগ পরিবর্তনের হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে। ইহাকে 'g' অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়।

কোন বস্তু যখন পৃথিবীর আকর্ষণে উপর থেকে নীচে পড়ে তখন অভিকর্ষজ

ত্বরণ 'g'-এর মান ধনাত্মক হয় এবং বস্তু যখন নীচে থেকে উপরে যায় তখন 'g'-এর মান ঋণাত্মক হয়। সেক্ষেত্রে উপরের সমীকরণগুলিকে লেখা যায়ঃ

$$v=u+gt \qquad v=u-gt$$
$$s=ut+\tfrac{1}{2}gt^2 \qquad s=ut-\tfrac{1}{2}gt^2$$
$$v^2=u^2+2gs \qquad v^2=u^2-2gs$$

প্রাথমিক বেগ u-এর মান শূন্য হ'লে,

$$v=ft \qquad v=gt$$
$$s=\tfrac{1}{2}ft^2 \qquad s=\tfrac{1}{2}gt^2$$
$$v^2=2fs \qquad v^2=2gs$$

ভূ-পৃষ্ঠে একই স্থানে 'g' এর মান অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু বিভিন্ন স্থানে উহার মান বিভিন্ন হয়। তবে g এর গড় মান সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে 981 সেমি./সে.^{2} এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে 32 ফু./সে.^{2}।

উদাহরণ 1·1. একটি ট্রেন 50 কি. মি./ঘণ্টা সমবেগে গেলে 6 মিনিটে ইহা কত পথ অতিক্রম ক'রবে?

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে বেগ, $v=50$ কি. মি./ঘণ্টা $=\dfrac{50}{60\times 60}$

$=\dfrac{5}{360}$ কি. মি./সেকেন্ড।

সময় অবকাশ $t=6$ মিনিট $=6\times 60$ সেকেন্ড।

অতএব, অতিক্রান্ত দূরত্ব $d=$ বেগ $\times$ সময় $=\dfrac{5}{360}\times 6\times 60=5$ কি. মি.।

উদাহরণ 1·2. একটি ট্রেন স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু ক'রে 10 মিনিটে 30 মাইল/ঘণ্টা বেগ অর্জন করে। ট্রেনটির ত্বরণ কত?

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে বেগ, $v=30$ মাইল/ঘণ্টা $=\dfrac{30\times 1760\times 3}{60\times 60}$

$=44$ ফুট/সেকেন্ড।

সময় $t=10$ মিনিট $=10\times 60$ সেকেন্ড ও প্রাথমিক বেগ $u=0$।

অতএব, $f=\dfrac{v-u}{t}$ সম্পর্ক থেকে

$$f=\frac{44}{10\times 60}=\frac{11}{150} \text{ ফুট/(সেকেন্ড)}^2 ।$$

উদাহরণ 1·3. একটি ট্রেন ঘণ্টায় 30 মাইল বেগে যায়। ব্রেক কষা হ'লে ইহা 11 সেকেন্ড পরে স্থির অবস্থায় আসে। ট্রেনের মন্দন কত?

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে প্রাথমিক বেগ, $u=30$ মাইল/ঘণ্টা

$=\dfrac{30\times 1760\times 3}{60\times 60}=44$ ফুট/সেকেন্ড,

চূড়ান্ত বেগ, $v=0$ ও $t=11$ সেকেন্ড।

অতএব, মন্দন, $f=\dfrac{v-u}{t}=\dfrac{0-44}{11}=-4$ ফুট/(সেকেন্ড)^2।

উদাহরণ 1·4. 20 সেকেন্ড সময়ে কোন বস্তুর বেগ 5 সে. মি. / সেকেন্ড থেকে বেড়ে 10 সে. মি. / সেকেন্ড হয়। ঐ বস্তুর ত্বরণ কত ?

সমাধান : এক্ষেত্রে, প্রাথমিক বেগ, $u = 5$ সে. মি. / সেকেন্ড ; চূড়ান্ত বেগ, $v = 10$ সে. মি./সেকেন্ড ও সময় অবকাশ $t = 20$ সেকেন্ড।

অতএব, বস্তুর ত্বরণ $f = \frac{v-u}{t} = \frac{10-5}{20} = \frac{1}{4}$ সে. মি. / (সেকেন্ড)²

উদাহরণ 1·5. একটি ট্রেনের বেগ কোন নির্দিষ্ট দিকে এক মিনিটে ঘণ্টায় 30 কিলোমিটার থেকে ঘণ্টায় 60 কিলোমিটার পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। ট্রেনটি ঐ সময় সমত্বরণে চ'ললে ইহার ত্বরণ কত ? [M. Exam. 1982]

সমাধান : ট্রেনটির প্রাথমিক বেগ, $u = 30$ কি. মি./ঘণ্টা $= \frac{30 \times 10^5}{60 \times 60}$

$= 8{\cdot}3 \times 10^2$ সে.মি./সেকেন্ড।

ট্রেনটির চূড়ান্ত বেগ, $v = 60$ কি. মি./ঘণ্টা $= \frac{60 \times 10^5}{60 \times 60}$

$= 16{\cdot}6 \times 10^2$ সে. মি./সেকেন্ড।

সময় $t = 60$ সেকেন্ড। বেগের পরিবর্তন $= v - u = 16{\cdot}6 \times 10^2 - 8{\cdot}3 \times 10^2$

$= 8{\cdot}3 \times 10^2$

ত্বরণ $= \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}} = \frac{v-u}{t} = \frac{8{\cdot}3 \times 10^2}{60} = 13{\cdot}8$ সে.মি./সে.² (প্রায়)।

উদাহরণ 1·6. সমুদ্র সৈকতের বায়ুতে শব্দের বেগ 1100 ফুট/সেকেন্ড। এক ব্যক্তি বিদ্যুতের চমক দেখার 2 সেকেন্ড পরে মেঘের গুরু গুরু শব্দ শুনতে পায়। ব্যক্তি থেকে মেঘের উচ্চতা কত ?

সমাধান : শব্দের তুলনায় আলোকের বেগ এত বেশি যে বিদ্যুতের ঝলক ব্যক্তির কাছে পৌঁছাতে যে সামান্য সময় লাগে তা ধর্তব্যের মধ্যে নয়। কাজেই এক্ষেত্রে মেঘের উচ্চতা, $h =$ শব্দের বেগ $\times$ সময় অবকাশ $= 1100 \times 2 = 2200$ ফুট।

উদাহরণ 1·7. একটি ঢিলকে উল্লম্বভাবে ছুঁড়লে ইহা 900 ফুট ওঠে। ইহাকে কত বেগে ছোঁড়া হয় ?

সমাধান : এক্ষেত্রে অভিকর্ষজ মন্দন কাজ করে। ঢিল উপরে উঠে থেমে যায়। কাজেই, $v = 0$। আমরা জানি যে, $v^2 = u^2 - 2gs$, বা $u^2 = 2gs$। অতএব, $u^2 = 2 \times 32 \times 900$, বা, $u = \sqrt{2 \times 32 \times 900} = 240$ ফুট/সেকেন্ড।

উদাহরণ 1·8. একটি বস্তুর প্রাথমিক বেগ 100 ft /sec এবং ত্বরণ 5 ft./sec² হ'লে 20 সেকেন্ড পরে বস্তুটির বেগ কত হবে ? [M. Exam. (Tripura) 1986]

সমাধান : আমরা জানি, $f = \frac{v-u}{t}$।

এক্ষেত্রে $u = 100$ ft./sec, $f = 5$ ft./sec² এবং $t = 20$ সেকেন্ড।

অতএব, $5 = \frac{v - 100}{20}$, বা, $v = 200$ ft./sec।

1·5. বল (Force) :

যা কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হ'লে বস্তুর স্থির অবস্থার বা সমবেগে সরলরেখা বরাবর চলন্ত অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় অথবা ঘটাবার চেষ্টা করে তাকে **বল** বলে।

মনে করি, টেবিলের উপর একটি বই আছে। ইহাকে নাড়ানোর জন্য হাত দিয়ে 'কিছু' প্রয়োগ করা হয় ও ইহা নড়ে। একটি ছুটন্ত ফুটবলের উপর হাত দিয়ে 'কিছু' প্রয়োগ ক'রলে বলটি থেমে যায়। বস্তুকে চালানো বা থামানোর জন্য এই প্রযুক্ত 'কিছু' হ'ল বল। আবার কেউ যদি ঘরের দেওয়াল ঠেলতে শুরু করে তাহ'লে সে দেওয়াল ঠেলতে পারে না। বড় ভারী পাথর খণ্ডকে কেউ একা ঠেলে চালাতে পারে না। এইসব ক্ষেত্রেও বল প্রয়োগ করা হয়, কিন্তু প্রযুক্ত বল চালানোর জন্য যে বাধা তা অতিক্রম ক'রতে পারে না।

কোন বলকে সম্পূর্ণরূপে জানতে গেলে আমাদের জানা প্রয়োজন, বলের (i) **প্রয়োগ বিন্দু অর্থাৎ যে বিন্দুতে বল ক্রিয়া করে,** (ii) **দিক** ও (iii) **মান।** বলের এই তিনটি বৈশিষ্ট্যকে সরলরেখার সাহায্যে সূচিত করা যায়। যেমন, (i) যে বিন্দু থেকে সরলরেখা টানা হয় তাই বলের প্রয়োগ বিন্দু, (ii) যে দিকে সরলরেখা টানা হয় তাই বলের দিক এবং (iii) সরলরেখার দৈর্ঘ্য বলের মান। সুতরাং **বল একটি ভেক্টর রাশি।** গতিবিদ্যায়, প্রযুক্ত বলের প্রভাবে বস্তুর গতি আলোচনা ও ব্যাখ্যা করা হয়। 1687 খ্রীষ্টাব্দে স্যার আইজ্যাক নিউটন বস্তুর গতি নিরীক্ষণ ক'রে গতি সম্পর্কিত মূল তথ্যগুলিকে তিনটি সূত্রের আকারে উপস্থাপিত করেন। এই সূত্র তিনটি গতিবিদ্যার ভিত্তিস্বরূপ।

1·6. নিউটনের গতিসূত্র (Newton's laws of motion) :

● **প্রথম সূত্র :** বাইরে থেকে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে নিজের অবস্থার পরিবর্তন ক'রতে বাধ্য না হ'লে স্থির বা অচল বস্তু চিরকাল স্থির বা অচল অবস্থাতে থাকে এবং গতিশীল বা সচল বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখা বরাবর চ'লতে থাকে।

(Every body continues in its state of rest or of uniform motion except in so far as it is compelled by some external impressed force to change that state.)

● **দ্বিতীয় সূত্র :** ভরবেগের (momentum) পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং যে রেখা বরাবর বল ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেই রেখা বরাবর বলের অভিমুখে ঘটে।

(The rate of change of momentum is proportional to the impressed force and takes place in the direction in which the force acts).

● **তৃতীয় সূত্র :** ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া উভয়েই সমান এবং পরস্পরের বিপরীতমুখী।

(To every action there is an equal and opposite reaction.)

● **প্রথম সূত্রের আলোচনা :** এই সূত্র দু'টি অংশে বিভক্ত। প্রথম অংশ থেকে জানা যায় যে, কোন জড়বস্তু নিজে থেকে ইহার স্থির অবস্থার বা সমবেগে সরলরেখা

বরাবর চলন্ত অবস্থার পরিবর্তন ক'রতে পারে না। অর্থাৎ জড় বস্তু যে অবস্থায় থাকে সেই অবস্থাকেই বজায় রাখতে চায়। জড় বস্তুর এই ধর্মকে জড়তা (*inertia*) বলে। সব জড় পদার্থের জড়তাই সর্বাপেক্ষা মৌলিক ধর্ম। স্থির বস্তু স্থির থাকতে চাওয়ায় ইহার এই ধর্মকে **স্থিতি জড়তা** (*inertia of rest*) বলে। সেইরূপ গতিশীল বস্তু গতিতে থাকতে চাওয়ায় ইহার এই ধর্মকে **গতি জড়তা** (*inertia of motion*) বলে।

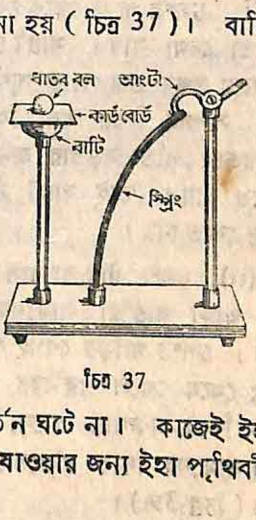
দ্বিতীয় অংশ থেকে বলের স্বরূপ জানা যায়। এই অংশ থেকে বোঝা যায় যে, (i) বল কোন বস্তুর স্থির অবস্থার পরিবর্তন করে অথবা পরিবর্তন ক'রতে চেষ্টা করে এবং (ii) বল কোন গতিশীল বস্তুর দ্রুতি বৃদ্ধি বা হ্রাস ক'রে ইহার চলন্ত অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়। এই সূত্র থেকে আরো জানা যায় যে, বস্তুর স্থির বা চলন্ত অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে হ'লে বস্তুর উপর বাইরে থেকে বল প্রয়োগ ক'রতে হয়। বস্তুর ভিতরের বিভিন্ন অংশের মধ্যে ক্রিয়াশীল আভ্যন্তরীণ বল দ্বারা বস্তুর স্থির বা চলন্ত অবস্থার পরিবর্তন হয় না। অবশ্য এই সূত্রে বলের পরিমাপ কি তার স্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া নেই।

প্রাত্যহিক অভিজ্ঞতা থেকে আমরা স্থিতি জড়তা সহজে বুঝতে পারি। স্থির বা অচল অবস্থায় প'ড়ে থাকা কোন বস্তুর উপর বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করা না হ'লে বস্তু স্থির অবস্থাতেই প'ড়ে থাকে, হঠাৎ চ'লতে শুরু করে না। সুতরাং স্থিতি জড়তা সম্পর্কে সহজেই ধারণা করা যায়।

গতি জড়তা সম্পর্কে কিন্তু এত সহজে ধারণা করা যায় না। কারণ আমরা দেখি যে, ভূ-পৃষ্ঠে কোন বস্তুকে গড়িয়ে দিলে ইহা কিছু সময় পরে থেমে যায়, চিরকাল গতিশীল থাকে না। তার কারণ গতিশীল বস্তুর সঙ্গে ভূ-পৃষ্ঠের ঘর্ষণ-জনিত বল, বস্তুর উপর বায়ুর বাধা ইত্যাদি ইহাকে কিছু সময় পরে থামিয়ে দেয়। এইসব বাহ্যিক বল অপসারিত হ'লে বস্তু গতি বজায় রাখে। এইভাবে আমরা গতি জড়তার ধারণা ক'রতে পারি।

● **স্থিতি জড়তার দৃষ্টান্ত :**

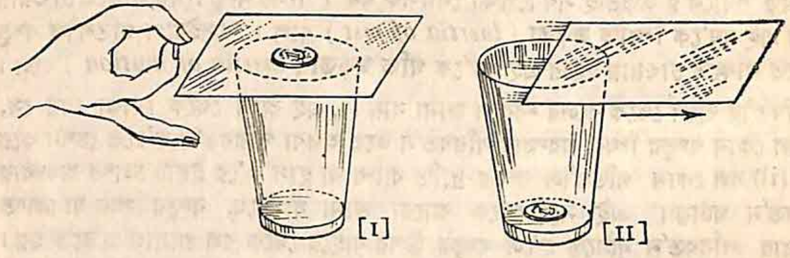
(i) একটি খাড়া দণ্ডের উপর একটি বাটি বসানো হয় (চিত্র 37)। বাটির উপরে একটি হাল্‌কা কার্ডবোর্ড ও তার উপরে একটি ধাতব বল রাখা হয়। এই বল সহজে বাটির মধ্যে প্রবেশ ক'রতে পারে। অপর একটি খাড়া দণ্ডের মাথায় একটি আংটা থাকে। এই আংটার সাথে একটি ধাতব স্প্রিং লাগানো হয়। স্প্রিং এর উপরের অংশ এবং কার্ডবোর্ড একই সমতলে থাকে। আংটা থেকে স্প্রিংকে ছেড়ে দিলে স্প্রিং ছুটে বেরিয়ে যায় ও কার্ডবোর্ডকে সজোরে আঘাত করে। ইহাতে কার্ডবোর্ড ছিটকে বেরিয়ে যায়।



চিত্র 37

কিন্তু স্থিতি জড়তার জন্য ধাতব বলের স্থান পরিবর্তন ঘটে না। কাজেই ইহা নিজের জায়গায় থাকতে চায়। কিন্তু কার্ডবোর্ড সরে যাওয়ার জন্য ইহা পৃথিবীর টানে নীচের দিকে নেমে আসে ও বাটির মধ্যে পড়ে।

একটি কাচের গ্লাসের উপর একখণ্ড পিচ্‌বোর্ড রেখে তার উপরে একটি আধুলি রাখ। তারপর পিচবোর্ডকে আঙ্গুল দিয়ে জোরে টোকা দাও। দেখবে পিচ্‌বোর্ড গ্লাসের



চিত্র 38

মুখ থেকে স'রে গেছে, কিন্তু স্থিতি জড়তার জন্য আধুলি গ্লাসের ভিতরে প'ড়েছে।

(ii) কোন ট্রেন বা ট্রাম গাড়ি স্থির অবস্থা থেকে হঠাৎ চলতে শুরু ক'রলে ঐ গাড়ির মধ্যে দাঁড়িয়ে থাকা কোন যাত্রী পিছন দিকে হেলে পড়ে। তার কারণ যাত্রীর দেহের নিম্নাংশ গাড়ির সংস্পর্শে থাকায় গাড়ির গতি পায়, কিন্তু দেহের উপরের অংশ স্থির অবস্থাতেই থাকতে চায়।

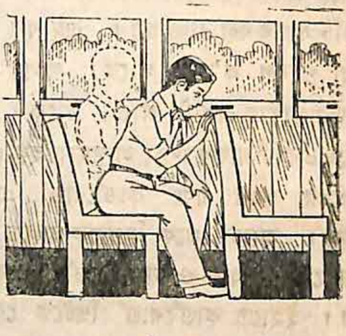
(iii) ক্যারাম খেলায় অনেক সময় একটি ঘুঁটির উপর আর একটি ঘুঁটি থাকে। স্ট্রাইকারের সাহায্যে নীচের ঘুঁটিকে আঘাত ক'রলে শুধু নীচের ঘুঁটিই স'রে যায়, কিন্তু স্থিতি জড়তার জন্য উপরের ঘুঁটি স্থান পরিবর্তন করে না।

(iv) লাঠি দিয়ে পিটিয়ে কম্বল কিংবা সতরঞ্চির ধুলো ঝেড়ে ফেলা যায়। লাঠির আঘাতে কম্বল বা সতরঞ্চি হঠাৎ নড়ে ওঠে, কিন্তু ধুলো স্থিতি জড়তার জন্য নিশ্চল থাকে ব'লে অবলম্বন হারিয়ে নীচে প'ড়ে যায়।

● **গতি জড়তার দৃষ্টান্ত :**

(i) চলন্ত গাড়ি থেকে কোন যাত্রী নামলে তার সামনের দিকে প'ড়ে যাবার প্রবণতা দেখা যায়। যাত্রী চলন্ত গাড়িতে থাকাকালীন গাড়ির গতি পায়। যখন সে নামে তখন তার পা ভু-পৃষ্ঠ স্পর্শ করার সঙ্গে সঙ্গেই স্থির হয়, কিন্তু শরীরের উপরিভাগ গতি জড়তার জন্য গতি বজায় রাখতে চায়। তাই যাত্রী সামনের দিকে প'ড়ে যেতে চায়।

(ii) চলন্ত ট্রাম বা বাস হঠাৎ থামলে, বসে থাকা যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে। চলন্ত গাড়ির বেগই যাত্রীদের বেগ। হঠাৎ থেমে গেলে শরীরের নিম্নাংশ সঙ্গে সঙ্গে স্থির অবস্থায় আসে, কিন্তু উপরের অংশ সামনের দিকে চ'লতে চায়। তাই বসে থাকা যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে (চিত্র 39)।



চিত্র 39

(iii) চলন্ত ট্রাম বা রেলগাড়িতে বসে একটি বলকে উপরের দিকে ছুঁড়লে বলটি আবার হাতে ফিরে আসে। কারণ যাত্রী ও বলের বেগ গাড়ির বেগের সমান হওয়ায় বল উপর দিকে ছুঁড়ে দেওয়ার পর যাত্রী বা গাড়ি যতটা সামনের দিকে যায়, বলও ঠিক ততটা সামনের দিকে যায়। অবশ্য বলকে ছুঁড়ে দেওয়ার পর গাড়ির বেগের পরিবর্তন ঘটলে বল আর হাতে ফিরবে না।

(iv) বৈদ্যুতিক পাখার সুইচ, বন্ধ করার পরেও পাখা কিছুসময় ধ'রে ঘুরতে থাকে। সুইচ্ বন্ধ করার সময় গতি জড়তার জন্য পাখার গতি থেকে যায়। তাই সুইচ্ বন্ধ করার সঙ্গে সঙ্গে পাখা থামে না।

প্রথম গতিসূত্রের আলোচনায় দেখা যায় যে, স্থির বস্তুকে গতিশীল ক'রতে ও গতিশীল বস্তুকে স্থির অবস্থায় আনতে পদার্থের জড়তা অতিক্রম ক'রতে হয়। যে বস্তুর ভর যত বেশি, ইহার জড়তাও তত বেশি। যে বস্তুর জড়তা বেশি তাকে গতিশীল ক'রতে গেলে অথবা গতিশীল অবস্থা থেকে স্থির অবস্থায় আনতে গেলে বেশি বল প্রয়োগ ক'রতে হয়। কোন খালি পিপেকে ও তেল ভর্তি পিপেকে ঠেলার সময় এই পার্থক্য সহজে বোঝা যায়। একই অবস্থায় দুই বস্তুকে সমভাবে গতিশীল ক'রতে যে বলের প্রয়োজন, তা বস্তুদ্বয়ের জড়তার উপর নির্ভর করে।

● **দ্বিতীয় সূত্রের আলোচনা** : এই সূত্রের সাহায্যে বলের পরিমাণ নির্ণয় করা যায় এবং বিভিন্ন বলের তুলনা করা যায়।

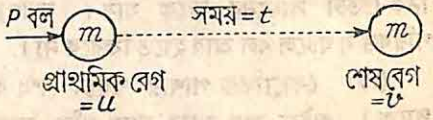
● **ভরবেগ (Momentum)** : গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের সমন্বয়ে যে ধর্মের উৎপত্তি হয় তাকে উহার ভরবেগ বলে। গতিশীল বস্তুর ভরবেগ উহার ভর ও বেগের গুণফল। সুতরাং বস্তুর ভর m ও বেগ v হ'লে ইহার ভরবেগ mv একক। ভরবেগের সঙ্গে বেগ জড়িত থাকায় ইহার মান ও দিক উভয়ই আছে। গতিশীল বস্তুর বেগ ও ইহার ভরবেগের দিক্ একই। সুতরাং **ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি**। ভরবেগের একক সি. জি. এস্., পদ্ধতিতে **গ্রাম সেন্টিমিটার/সেকেন্ড** ; এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **পাউন্ড-ফুট/সেকেন্ড** ও এম্. কে. এস্. পদ্ধতিতে **কিলোগ্রাম-মিটার/সেকেন্ড**।

দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে সহজেই বোঝা যায় যে, গতিশীল বস্তুর মধ্যে এমন কোন প্রচ্ছন্ন শক্তি থাকে যার দরুন ঐ গতিশীল বস্তু অপর একটি স্থির বস্তুকে আঘাত ক'রে দ্বিতীয় বস্তুতে গতি সঞ্চার ক'রতে পারে। দ্বিতীয় বস্তুতে গতি সঞ্চার করার চেষ্টা গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগ উভয়েরই উপর নির্ভর করে। ভরবেগের ধারণা থেকে সহজেই বোঝা যায় যে, একটি সাইকেল ও একটি যাত্রীবাহী বাস একই বেগে গতিশীল থাকলেও, বাসের সঙ্গে ধাক্কা সাইকেলের সঙ্গে ধাক্কার তুলনায় অনেক বেশি গুরুতর হয়।

দ্বিতীয় সূত্রে বলা হ'য়েছে যে, ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। স্থির বস্তুর বেগ শূন্য হওয়ায় ইহার ভরবেগ শূন্য। গতিশীল বস্তুর গতির অভিমুখে বল প্রয়োগ করা হ'লে ইহার গতি বাড়তে থাকে এবং বলের দিকে বস্তুর ভরবেগও বাড়তে থাকে। বল প্রয়োগে বস্তুর ভরের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবলমাত্র বেগের পরিবর্তন হয়। আবার বেগের পরিবর্তন হ'লেই বস্তুতে

ত্বরণ উৎপন্ন হয়। গতিশীল বস্তুর গতির উল্টো দিকে বল প্রয়োগ ক'রলে ইহার বেগ কমতে থাকে এবং ইহার ভরবেগও কমতে থাকে। অর্থাৎ বস্তুতে মন্দন উৎপন্ন হয়।

মনে করি, m ভরের একটি বস্তু u বেগে কোন নির্দিষ্ট দিকে চ'লতে শুরু করে। এখন P মানের বল এই বস্তুর উপর ইহার গতির অভিমুখে t সময় ধ'রে প্রয়োগ করা হয়। ইহাতে বস্তুর বেগ u থেকে বেড়ে v হয়। তাহ'লে যাত্রা শুরুর সময়ে বস্তুর ভরবেগ $= mu$ ও t সময় পরে বস্তুর ভরবেগ $= mv$ ।



চিত্র 40

কাজেই, t সময়ে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন $= mv - mu = m(v-u)$।

অতএব, ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \dfrac{\text{ভরবেগের পরিবর্তন}}{\text{সময় অবকাশ}} = \dfrac{m(v-u)}{t} = mf$

$$\left[\text{যেহেতু } \frac{v-u}{t} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময় অবকাশ}} = \text{ত্বরণ } (f)\text{।} \right]$$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী,

প্রযুক্ত বল $\propto$ ভরবেগের পরিবর্তনের হার। অতএব, $P \propto mf$; বা $P = k \cdot mf$ যেখানে k একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুবরাশি k এর মান বল, ভর ও ত্বরণের এককের উপর নির্ভর করে।

একক বলের সংজ্ঞা এইরূপভাবে নির্ণয় করা হয় যে, $m = 1$ ও $f = 1$ হ'লে $P = 1$ হয়। তাহ'লে এইরূপ ক্ষেত্রে $k = 1$।

অতএব, $P = mf$, অর্থাৎ **প্রযুক্ত বল = ভর × ত্বরণ**। এই সম্পর্ক থেকে বলের পরিমাণ পাওয়া যায় এবং বোঝা যায় যে,

(i) যদি m ভর সম্পন্ন গতিশীল বস্তুর গতির দিকে P বল প্রযুক্ত হয় তবে বস্তুর গতি ত্বরান্বিত হয় এবং উহার ত্বরণ $f = \dfrac{P}{m}$

(ii) যদি m ভর সম্পন্ন গতিশীল বস্তুর গতির বিপরীত দিকে P বল প্রযুক্ত হয় তবে বস্তুর গতি মন্দীভূত হয় এবং উহার মন্দন $f = \dfrac{P}{m}$.

● **বলের একক (unit of force) :** যে বল একক ভরের উপর ক্রিয়া ক'রে প্রতি বর্গ সেকেন্ডে একক ত্বরণ উৎপন্ন করে তাকে বলের একক বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বলের একক **ডাইন**। যে বল এক গ্রাম ভরের উপর ক্রিয়া ক'রে এক সেন্টিমিটার/(সেকেন্ড)^2 ত্বরণ উৎপন্ন করে তাকে ডাইন বলে।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বলের একক **পাউন্ডাল**। যে বল এক পাউন্ড ভরের উপর ক্রিয়া ক'রে এক ফুট/(সেকেন্ড)^2 ত্বরণ উৎপন্ন করে তাকে পাউন্ডাল বলে।

ডাইন, পাউন্ডাল ও নিউটন এই তিনটি একককে বলের **পরম একক** (***absolute units of force***) বলে। কারণ, এই একক তিনটি এই বিশ্বজগতে সব অবস্থাতেই অপরিবর্তিত থাকে। মনে রাখতে হবে যে, **$P = mf$ সমীকরণ প্রয়োগ ক'রতে হ'লে বলকে পরম এককে প্রকাশ ক'রতে হয়।** উদাহরণস্বরূপ, কোন বস্তুর ভর 10 গ্রাম ও

ত্বরণ 1 সে. মি. / (সেকেন্ড)^2 হ'লে বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল, $P = 10 \times 1 = 10$ ডাইন। আবার 50 গ্রাম ভরের কোন বস্তুর উপর 200 ডাইন বল প্রয়োগ করা হ'লে বস্তুর ত্বরণ, $f = \frac{200}{50} = 4$ সে. মি. / (সেকেন্ড)^2।

● **বলের বিভিন্ন এককের সম্পর্ক :**

1 পাউন্ডাল = 1 পাউন্ড × 1 ফুট / (সেকেন্ড)^2
= 453·6 গ্রাম × 30·48 সেমি. / (সেকেন্ড)^2
= 13825·7 ডাইন

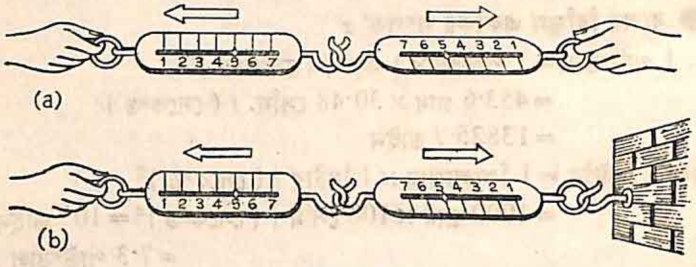
এবং 1 নিউটন = 1 কিলোগ্রাম × 1 মিটার / (সেকেন্ড)^2
= 1000 গ্রাম × 100 সেমি / (সেকেন্ড)^2 = 10^5 ডাইন
= 7·3 পাউন্ডাল (প্রায়)।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র থেকে পাওয়া যায় $P = mf$। এক্ষেত্রে P একটি ভেক্টর রাশি। ইহার মান, ভর ও ত্বরণের গুণফলের সমান। ত্বরণের দিকই P এর দিক্। m ভরের উপর বল প্রযুক্ত না হ'লে অর্থাৎ P শূন্য হ'লে ত্বরণ f-ও শূন্য হয় অর্থাৎ বস্তুতে কোন ত্বরণ উৎপন্ন হয় না। কাজেই বোঝা যায় যে, কোন বস্তু স্থির থাকলে বাইরে থেকে বল প্রয়োগ না ক'রে ঐ বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটানো যায় না, আবার কোন বস্তু সমবেগে সরলরেখায় চ'লতে থাকলে ইহার বেগের দিকও পরিবর্তন করা যায় না। নিউটনের প্রথম গতিসূত্র এই কথাই বলে। কাজেই বলা যায় যে, প্রথম গতিসূত্র দ্বিতীয় গতিসূত্রেই নিহিত আছে।

● **বস্তুর ওজন ও বলের অভিকর্ষীয় একক :** বস্তুর উপর পৃথিবীর অভিকর্ষের টানই বস্তুর ওজন। বস্তুর ভর m ও ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' হ'লে বস্তুর ওজন = অভিকর্ষজ বল = ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ = mg। 1 গ্রাম ভরের ওজনকে **1 গ্রাম-ভার** (gm.-wt) এবং 1 পাউন্ড ভরের ওজনকে **1 পাউন্ড-ভার** (lb-wt.) বলে। ইহারা বলের অভিকর্ষীয় একক। 1 গ্রাম ভার = $1 \times g = 1 \times 980 = 980$ ডাইন এবং 1 পাউন্ড-ভার = $1 \times g = 1 \times 32 = 32$ পাউন্ডাল।

● **তৃতীয় সূত্রের আলোচনা :** নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্রে প্রযুক্ত বলের সাহায্যে কোন বস্তুতে যে ত্বরণ উৎপন্ন হয় তার উল্লেখ আছে, কিন্তু প্রযুক্ত বলের **পরিণাম** সম্পর্কে কোন উল্লেখ নেই। তৃতীয় গতিসূত্রে প্রযুক্ত বলের পরিণাম সম্পর্কে নির্দেশ পাওয়া যায়। এই সূত্রে বলা হ'য়েছে যে, ত্বরণ উৎপন্ন করার জন্য যে বল প্রয়োগ করে সে নিজেও সমান মানের বিপরীতমুখী বল অনুভব করে। প্রযুক্ত বল ও ইহার বিপরীতমুখী বলকে যথাক্রমে **ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া** বলে। কাজেই, যেখানে ক্রিয়া সেখানেই প্রতিক্রিয়া দেখা দেয় এবং ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মান সমান হয়। প্রকৃতিতে প্রত্যেক বলই ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ারূপে জোড়ায় জোড়ায় থাকে (forces always exist in pairs)। এখানে একটা কথা বলা প্রয়োজন যে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া দু'ই বিভিন্ন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়। ক্রিয়া যতক্ষণ কার্যকরী থাকে, প্রতিক্রিয়াও ততক্ষণ থাকে। ক্রিয়া থেমে গেলে প্রতিক্রিয়াও থেমে যায়। দু'ই বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ইহাদের স্থিতিশীল বা গতিশীল অবস্থার উপর নির্ভর করে না। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া

সমান এবং বিপরীত দেখানোর জন্য একটি পরীক্ষা করা যেতে পারে। দুইটি স্প্রিং তুলার একটির হুকের সহিত অপরটির হুক আটকিয়ে উভয় তুলাকে হাত দ্বারা সমানভাবে বিপরীতমুখী টান দেওয়া হয়। ইহাতে দেখা যায় যে, উভয় তুলাই সমান

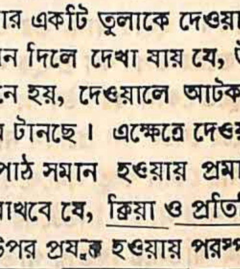


চিত্র 41

পাঠ দেয়। মনে করি, এই পাঠ এক কেজি ভার। এইবার একটি তুলাকে দেওয়ালের সঙ্গে আটকিয়ে অপর তুলাতে আগের মত সমান টান দিলে দেখা যায় যে, উভয় তুলাই পূর্বের ন্যায় এক কেজি ভার টান দেখায়। মনে হয়, দেওয়ালে আটকানো স্প্রিং তুলাকে যেন কেউ আগের মত হাত দিয়ে সমানভাবে টানছে। এক্ষেত্রে দেওয়ালে আটকানো স্প্রিং তুলায় প্রতিক্রিয়া পড়ে। উভয় তুলার পাঠ সমান হওয়ায় প্রমাণিত হয় যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান এবং বিপরীত। মনে রাখবে যে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীত হ'লেও ইহারা দু'টি ভিন্ন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হওয়ায় পরস্পরের প্রভাব নষ্ট করে না। নীচের উদাহরণগুলি থেকে তৃতীয় গতিসূত্রের মর্মার্থ সহজেই বোঝা যায়।

● তৃতীয় গতিসূত্রের দৃষ্টান্ত :

(i) মনে করি, টেবিলের উপর একটি বই আছে (চিত্র 42)। এই বইটির ওজন আছে। এই ওজনই (W) বল। কাজেই, বইটি টেবিলের উপর W বল প্রয়োগ করে। এই বল (W) টেবিলের উপর খাড়াভাবে নীচের দিকে ক্রিয়া করে। আবার, যেহেতু টেবিল সমেত বইটি সাম্য অবস্থায় স্থির হ'য়ে থাকে, সেইহেতু টেবিলও বইটির উপর নিশ্চিতই একটি সমান ও বিপরীতমুখী বল (R) প্রয়োগ করে যার জন্য বই স্থির অবস্থায় থাকে। বইটির ওজনই (W) ক্রিয়া এবং টেবিল বইটির উপর যে বল (R) প্রয়োগ করে তাই প্রতিক্রিয়া। এই উদাহরণ থেকে বোঝা যায় যে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী এবং ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া দুই'ই বিভিন্ন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়।

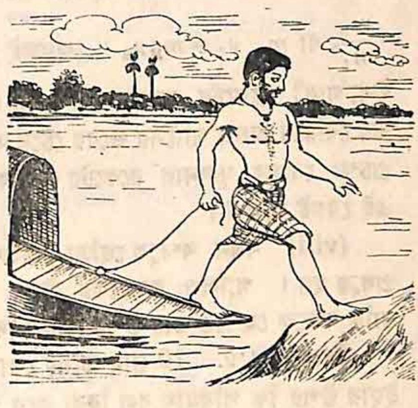


চিত্র 42

(ii) হাঁটার সময় আমরা ভূ-পৃষ্ঠের উপর হেলানো দিকে বল প্রয়োগ করি। এই বল ক্রিয়া। ভূ-পৃষ্ঠও পা বা শরীরের উপর একটি সমান মানের বল প্রয়োগ করে। ইহা প্রতিক্রিয়া। এই প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ আমাদের সামনের দিকে চালায় এবং ইহার উল্লম্ব উপাংশ আমাদের ওজন দ্বারা প্রশমিত হয়।

(iii) ব্যাট দিয়ে আঘাত ক'রলে ক্রিকেট বল সামনের দিকে ছোটে এবং ব্যাট একটু পিছনে সরে যায়। এক্ষেত্রে ব্যাট বলের উপর যে বল প্রয়োগ করে তাই ক্রিয়া আর বল ব্যাটের উপর যে বল প্রয়োগ করে তাই প্রতিক্রিয়া।

(iv) দু'দলের দড়ি টানাটানি (tug of war) খেলায় দু'দলই যদি সমান জোরে দড়ি টানে তাহ'লে দড়ি নিশ্চল থাকে। এক্ষেত্রে দড়ির যে কোন অংশে সমান ও বিপরীতমুখী টানের উদ্ভব হয়। ফলে দড়ির কোন গতি থাকে না। প্রত্যেক দল 1000 ডাইন বল দ্বারা দড়ি টানলে দড়িতে 1000 ডাইন টান উৎপন্ন হয়।



চিত্র 43

(v) নৌকো থেকে কোন লোক তীরে লাফালে বিপরীত প্রতিক্রিয়ায় নৌকো পিছন দিকে স'রে যায়।

(vi) আকাশে উড়বার সময় পাখি ডানা দিয়ে বায়ুতে বল প্রয়োগ করে। বায়ুও এই ক্রিয়া বলের সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া বল ডানার উপর প্রয়োগ করে। তাই পাখি বায়ুতে ভেসে থাকতে পারে ও উড়তে পারে। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে বায়ুর প্রতিক্রিয়া বল না থাকায় পাখি উড়তে পারে না।

(vii) জেট বিমানের দহন কক্ষে পছন্দমত জ্বালানিকে (কঠিন অথবা তরল) পোড়ানো হয়। ইহাতে উচ্চ চাপবিশিষ্ট উৎপন্ন গ্যাস একটি সরু নালীমুখ দিয়ে খুব বেশি ভরবেগ নিয়ে বেরিয়ে আসে এবং বিমানও বিপরীত দিকে সমান ভরবেগ লাভ করে ও সামনের দিকে এগিয়ে যায়। অনুরূপভাবে, যখন রকেটের দহন কক্ষে জ্বালানির



চিত্র 44

দহন শুরু হয় তখন নিষ্ক্রান্ত গ্যাসগুলি (exhaust gases) রকেট থেকে নীচের দিকে অতি তীব্রবেগে বেরিয়ে যায়। ঐ গ্যাসগুলির ভরবেগ তুল্যমূল্য ক'রতে রকেট উপর দিকে ওঠে। এখানে একটা কথা বলা প্রয়োজন যে, রকেট কোন সময়েই ভু-পৃষ্ঠকে বা বায়ুমণ্ডলকে ধাক্কা দিয়ে গতিশীল হয় না। অপরপক্ষে বায়ুমণ্ডল না থাকলে বায়ুর ঘর্ষণজনিত বাধা থাকবে না এবং রকেটও অধিক দক্ষতার সঙ্গে কাজ ক'রবে।

মনে রাখতে হবে যে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীত অভিমুখী হওয়ার জন্যই বেরিয়ে আসা গ্যাস এবং রকেটের বিপরীত অভিমুখী ত্বরণ ইহাদের ভরের ব্যস্তানুপাতিক হয়। ভর ও ত্বরণ রকেটের ক্ষেত্রে যথাক্রমে m_1 ও f_1 এবং বেরিয়ে আসা গ্যাসের ক্ষেত্রে m_2 ও f_2 হ'লে $\frac{f_1}{f_2}=\frac{m_2}{m_1}$। রকেট ও বেরিয়ে আসা গ্যাসের প্রাথমিক বেগ শূন্য ও চূড়ান্ত বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 হ'লে $v_1=f_1t$ ও $v_2=f_2t$, কারণ একই সময় ধ'রে বল দু'দিকে ক্রিয়া করে। অতএব, $\frac{v_1}{v_2}=\frac{f_1}{f_2}$। অর্থাৎ $\frac{v_1}{v_2}=\frac{m_2}{m_1}$, বা $m_1 v_1=m_2v_2$। কাজেই বোঝা যায় যে, নিম্নগামী গ্যাসের ভরবেগ ঊর্ধ্বগামী রকেটের ভরবেগের সমান। ইহাই **ভরবেগের নিত্যতা সূত্র**। রকেটের ভর বেরিয়ে আসা গ্যাসের ভরের চেয়ে অনেক বেশি। তাই বেরিয়ে আসা গ্যাসের প্রচণ্ড বেগের তুলনায় রকেটের বেগ কম হয়। কিন্তু রকেটের আকাশে ওঠার জন্য এই বেগই যথেষ্ট।

(viii) যখন বন্দুক ছোঁড়া হয় তখন বন্দুকের নলের মধ্যে গুলির উপর বল প্রযুক্ত হয়। গুলিও বন্দুকের উপর সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া দেয়। তাই যে ব্যক্তি বন্দুক ছোঁড়ে তার উপর পিছন দিকে একটি ধাক্কা প্রযুক্ত হয়।

উদাহরণ 1·9. 10 গ্রাম ভরের কোন বস্তু 5 সে. মি./সেকেণ্ড² ত্বরণ সহ চলে। ইহার উপর কি পরিমাণ বল ক্রিয়া করে? [M. Exam. 1978]

সমাধান ঃ বল = ভর × ত্বরণ। এক্ষেত্রে ভর = 10 গ্রাম ও ত্বরণ = 5 সে. মি./সেকেণ্ড²। কাজেই, বল = 10 × 5 = 50 ডাইন।

উদাহরণ 1·10. 10 গ্রাম ভরের কোন বস্তুর উপর 50 ডাইন বল প্রয়োগ করা হ'লে ইহাতে কত ত্বরণ উৎপন্ন হয়?

সমাধান ঃ বল = ভর × ত্বরণ। এক্ষেত্রে ভর = 10 গ্রাম ও বল = 50 ডাইন।

$$\text{সুতরাং,}\quad \text{ত্বরণ}=\frac{\text{বল}}{\text{ভর}}=\frac{50}{10}=5 \text{ সে. মি./সেকেণ্ড}^2 \text{।}$$

উদাহরণ 1·11. 5 গ্রাম ভরের একটি বস্তু 10 সে. মি./সেকেণ্ড সমবেগে চ'ললে ইহার ভরবেগ কত হয়।

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, ভরবেগ = ভর × বেগ। এক্ষেত্রে ভর = 5 গ্রাম ও বেগ = 10 সে. মি./সেকেণ্ড। কাজেই,

ভরবেগ = 5 × 10 = 50 গ্রাম-সে. মি./সেকেণ্ড।

উদাহরণ 1·12. 100 নিউটন বল 25 কিলোগ্রাম ভরবিশিষ্ট কোন স্থির বস্তুর উপর 5 সেকেণ্ড সময় ধ'রে ক্রিয়া ক'রলে ঐ বস্তুর গতিবেগ কত হয়?

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, বল = ভর × ত্বরণ। কাজেই, 100 = 25 × ত্বরণ,

বা, ত্বরণ = 4 মিটার/সেকেণ্ড²।

$$\text{আবার,}\quad \text{ত্বরণ}=\frac{\text{5 সেকেণ্ড পরে বেগ } (v) - \text{প্রাথমিক বেগ}}{\text{5 সেকেণ্ড}}$$

$$\therefore\ 4=\frac{v-0}{5}\text{।}\quad \text{কাজেই, } v=20 \text{ মিটার/সেকেণ্ড।}$$

উদাহরণ 1·13. 5 gm. এবং 2 gm. ভরের দু'টি বস্তুর উপর একই বল ক্রিয়া ক'রলে প্রথমটির 2 cm./sec² ত্বরণ সৃষ্টি হয়। দ্বিতীয়টির ত্বরণ কত হবে? [M. Exam. 1983]

সমাধান: মনে করি, বস্তুদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল বল = P

নিউটনের দ্বিতীয় গতি সূত্রানুযায়ী, $P = mf$ ।

প্রথম বস্তুর ভর $m = 5$ gm এবং ত্বরণ $f = 2$ cm./sec² ।

সুতরাং $P = mf = 5 \times 2 = 10$ dyne ।

সুতরাং দ্বিতীয় বস্তুর ত্বরণ $= \dfrac{\text{বল}}{\text{দ্বিতীয় বস্তুর ভর}} = \dfrac{10}{2} = 5$ cm /sec².

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন:

1. স্থিতি ও গতি ব'লতে কি বোঝায়? গতি কত প্রকারের হ'তে পারে?
2. নীচের রাশিগুলির সংজ্ঞা ও একক লেখ:
   (i) দ্রুতি, (ii) বেগ, (iii) ত্বরণ, (iv) মন্দন।
   ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি স্কেলার রাশি? ভেক্টর রাশি কোন্‌গুলি?
3. নীচের প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর লেখ:
   (i) দ্রুতি ও বেগের মধ্যে পার্থক্য কি? [M. Exam. (comp.) 1976]
   (ii) ত্বরণের এককে 'সেকেন্ড' কথাটি দু'বার উল্লেখ ক'রতে হয় কেন?
   (iii) মন্দনকে ঋণাত্মক ত্বরণ বলা হয় কেন?
4. নিউটনের প্রথম গতিসূত্র বিবৃত কর। বলের সংজ্ঞা কি? চলন্ত গাড়ি থেকে লাফ দিয়ে নামবার সময় গাড়ি যে দিকে যায় তার বিপরীত দিকে মুখ করে নামা বিপজ্জনক কেন? [M. Exam. 1976]
5. কিভাবে নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলের সংজ্ঞা ও দ্বিতীয় সূত্র থেকে বলের পরিমাণ পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর।
6. 'স্থিতি জড়তা' ও 'গতি জড়তা' ব'লতে কি বোঝায় উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। চলন্ত গাড়ি থেকে নামার সময় একটু পিছনে হেলতে হয় কেন?
7. নিউটন কি? 'এক ডাইন বল' ব'লতে কি বোঝায়? নিউটন ও ডাইনের সম্পর্ক লেখ।
8. 'ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া' ব'লতে কি বোঝায়? ইহারা কি একই বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়। 'ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া পরস্পরের সমান ও বিপরীত' ইহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়?
9. নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র লেখ। আমি একটি বইকে ঠেললাম। তৃতীয় গতিসূত্রানুসারে বইও আমাকে বিপরীত দিকে ঠেলে। তাহ'লে বই নড়ে কি করে? [M. Exam. (comp.) 1977]
10. শূন্যস্থান পূরণ কর:—
    (i) বেগ বৃদ্ধির হারকে — বলে।
    (ii) একক সময়ে বেগের — মন্দন বলে।
    (iii) প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি — ও — প্রতিক্রিয়া থাকে।
11. সঠিক উত্তরের উপর '✓' চিহ্ন দাও:
    (a) ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া — উপর প্রযুক্ত হয় [একই বস্তুর, দু'টি ভিন্ন বস্তুর]।
    (b) ভরবেগ একটি — রাশি [স্কেলার, ভেক্টর]
    (c) মন্দনকে ঋণাত্মক ত্বরণ বলা — [যায়, যায় না]
    (d) একক ভরের উপর ক্রিয়া ক'রে যে বল একক — উৎপন্ন করে তাকে একক বল বলে। [ত্বরণ, সরণ]
    (e) এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বলের একক — [ডাইন, পাউন্ডাল] [M. Exam. 1981]
12. রকেটের কার্যপ্রণালী সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

13. অভিকর্ষজ ত্বরণ ব'লতে কি বোঝায়? সি. জি. এস্. ও এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে ইহার একক কি? ইহার মান কত? [M. Exam. 1981, '83]

14. নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :

(i) চলন্ত ট্রেনের মধ্যে একটি বলকে উপর দিকে ছুঁড়ে দিলে বলটি হাতে এসে পড়ে কেন?

(ii) কোন ব্যক্তি নৌকো থেকে লাফিয়ে তীরে পৌঁছালে নৌকো বিপরীত দিকে স'রে যায় কেন?

(iii) চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক ক'ষলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে কেন?

(iv) ক্রিকেট খেলোয়াড় বল ক্যাচ ধরার সময় হাত পিছিয়ে নেয় কেন?

গাণিতিক প্রশ্ন :

15. 'সরণ' কাকে বলে? একটি বাগানের চতুর্দিকস্থ রাস্তার মোট পরিমাণ 600 গজ। একটি লোক বাগানের চারদিক ঘুরে পুনরায় পূর্বস্থানে ফিরে আসে। তার মোট সরণ কত হ'ল?

[M. Exam. (comp.) 1976] [শূন্য]

16. এক ব্যক্তি O বিন্দু থেকে সোজা পূর্ব দিকে 4 km দূরে A বিন্দুতে গেল এবং পরে A বিন্দু থেকে সোজা উত্তরে 3 km দূরে B বিন্দুতে যেতে সময় নিল এক ঘণ্টা। তার অতিক্রান্ত পথ, সরণ, দ্রুতি ও বেগ কত? [7 km, 5 km, 7 km/hr, 5 km/hr.]

17. একটি বস্তুর প্রাথমিক বেগ 50 cm/sec. । 5 sec. পরে ইহার বেগ 100 cm/sec. হ'লে ইহার গড়বেগ গত? ইহার ত্বরণ কত? [75 cm/sec., 10 cm/sec²]

18. একটি বস্তু 50 cm/sec. বেগে 30 sec. গেল। সে কত দূরত্ব অতিক্রম ক'রল?

[1500 cm.]

19. 10 গ্রাম ভরের একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ ক'রলে ইহা 5 সেণ্টিমিটার/সেকেণ্ড² ত্বরণ নিয়ে চ'লতে শুরু করে। বলের পরিমাণ কি? [50 ডাইন]

20. (i) 1 kg ভার ও 1 নিউটনের মধ্যে কোন্‌টি কি পরিমাণে বড়? [প্রথমটি 9·8 গুণ]

(ii) একটি বস্তুর ভর 20 gm. ও বেগ 10. cm/sec.। ইহার ভরবেগ কত?

[200 gm-cm/sec]

21. 500 ডাইন মানের একটি বল 100 gm ভরের একটি বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। বস্তুটির ত্বরণ কত? [M. Exam. (Tripura) 1983] [5 cm/sec²]

22. যদি 1000 ডাইন বল একটি বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় এবং বস্তুটির ভর 200 গ্রাম হয় তবে উহাতে কত ত্বরণ সৃষ্টি হবে? [M. Exam. (Tripura) 1981] [5 cm/sec²]

23. 5 gm ও 2 gm ভরের দু'টি বস্তুর উপর একই বল ক্রিয়া ক'রলে প্রথমটিতে 2 cm/sec² ত্বরণ উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয়টির ত্বরণ কত হবে? [M Exam. 1983] [5 cm/sec²]

24. একটি গাড়ির উপর 100 নিউটন বল প্রয়োগ ক'রলে উহাতে 2m/sec² ত্বরণ সৃষ্টি হয়। গাড়িটির ভর কত? [50 kg]

25- 500 গ্রাম ভরের একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ ক'রে 2m/sec² ত্বরণ উৎপন্ন করা হ'ল। প্রযুক্ত বলটির পরিমাণ নির্ণয় কর। [M. Exam. (Tripura) 1982] [1 নিউটন]

26. $\frac{1}{2}$ কিলোগ্রাম ভরের একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ ক'রলে উহা 10 m/sec² ত্বরণ নিয়ে চ'লতে থাকে। বলের মান কত? [M. Exam. (Tripura) 1984] [5 নিউটন]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) দ্রুতি ও বেগের পার্থক্য কি? (ii) ত্বরণ ও মন্দনের পার্থক্য কি? (iii) ভরবেগ বলতে কি বোঝায়? (iv) এস্. আই পদ্ধতিতে বলের এককের নাম কি? (v) কত ডাইনে এক নিউটন হয়? (vi) গ্রাম-ভারের সহিত ডাইনের সম্পর্ক কি? (vii) জড়তা কাকে বলে? (viii) এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে বেগ ও বলের একক কি? (ix) এক গ্রাম ভরের বস্তুতে 1 cm/sec² ত্বরণ সৃষ্টি করার জন্য কত বল প্রয়োগ ক'রতে হয়? (x) বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়লে বন্দুক পশ্চাৎ দিকে ধাক্কা খায় কেন? (xi) মন্দনকে ঋণাত্মক ত্বরণ বলে কেন?

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

কার্য, ক্ষমতা ও শক্তি
(Work, Power and Energy)

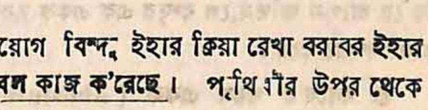
2·1. কার্য (Work) :

সাধারণত কাজ ব'লতে দৈহিক পরিশ্রমকে বোঝায়। যেমন মোট বহন করা, গাড়ি টানা, রিক্সা টানা ইত্যাদি। কিন্তু বিজ্ঞানে কাজ কথাটির বিশেষ অর্থ আছে। মনে করি, আমরা একটি বড় পাথর খণ্ডকে নাড়াবার চেষ্টা ক'রছি। পাথরকে নাড়াবার চেষ্টা ক'রতে বা অল্প একটু নাড়াতে আমাদের প্রচুর ক্লান্তি আসে এবং আমরা বলি অনেক কাজ করা হ'য়েছে। কিন্তু বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে যতক্ষণ না পাথরটির সরণ হয় ততক্ষণ কোন কাজই করা হয় না। কোন বস্তুর যে বিন্দুতে বল প্রযুক্ত হয় তাকে বলের **প্রয়োগ বিন্দু** বলে। **প্রযুক্ত বলের অভিমুখে বলের প্রয়োগ বিন্দুর (point of application of force) সরণ হ'লেই কার্য সম্পন্ন হ'য়েছে বলা হয়। যে পরিমাণ বল প্রযুক্ত হয় ও বলের অভিমুখে প্রয়োগ বিন্দু যে পরিমাণ স'রে যায় তাদের গুণফল দ্বারা কৃত কার্যের পরিমাপ করা হয়।** অর্থাৎ

● **কৃত কার্য = প্রযুক্ত বল × বলের অভিমুখে প্রয়োগ বিন্দুর সরণ।**

কোন বস্তুর উপর নির্দিষ্ট বল (F) প্রযুক্ত হ'লে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু ইহার ক্রিয়া রেখা বরাবর S দূরত্ব স'রে যায় তাহ'লে বলা হয় যে, ঐ বস্তুর উপর বল কাজ ক'রেছে। এই কার্যের পরিমাণ, $W = F \times S$;

মনে করা যাক একটি বস্তুর A বিন্দুতে F বল প্রয়োগ ক'রলে বস্তুটি স'রে যায় এবং A বিন্দুর অবস্থান B বিন্দু হয়। তাহ'লে A বিন্দুর সরণ $= AB = S$।



চিত্র 45

কাজেই, কৃত কার্য $W = F \times S$।

● **বল দ্বারা কার্য :** যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু ইহার ক্রিয়া রেখা বরাবর ইহার অভিমুখে স'রে যায় তাহ'লে বলা হয় **বল কাজ ক'রেছে।** পৃথিবীর উপর থেকে কোন বস্তু অভিকর্ষজ বলের আকর্ষণে পৃথিবীর দিকে পড়ে। এক্ষেত্রে অভিকর্ষজ বল কাজ করে।

● **বলের বিরুদ্ধে কার্য :** যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বল যে দিকে ক্রিয়া করে তার বিপরীত দিকে স'রে তাহ'লে বলা হয় যে, **বলের বিরুদ্ধে কাজ করা হ'য়েছে।** কোন ভারী বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে কিছুটা উপরে তুললে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে কাজ করা হয়।

যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বল যেদিকে ক্রিয়া করে সেইদিকে বা তার বিপরীত দিকে ইহার ক্রিয়া রেখা বরাবর না স'রে ঐ ক্রিয়া রেখার সাথে বিশেষ কোণে সরে

তাহ'লে সরণের অভিমুখে বলের কার্যকর উপাংশকে সরণ দ্বারা গুণ ক'রলে কৃত কার্যের পরিমাণ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, **কৃত কার্য = বলের কার্যকর উপাংশ × সরণ।**

$W = P \times S$ সম্পর্ক অনুযায়ী বোঝা যায় যে, P বা S যে কোন একটি শূন্য হ'লে W এর মান শূন্য হয়। অর্থাৎ বস্তুর সরণ না হ'লে বা প্রযুক্ত বল কার্যকরী (effective) না হ'লে কোন কার্য সম্পন্ন হয় না। যেমন, একটি ভারী পাথর খণ্ডকে বল প্রয়োগ ক'রেও অনেক সময় সরানো যায় না। কাজেই, এক্ষেত্রে $S = 0$ হওয়ায় $W = 0$ হয়। আবার কোন বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরালে সরালে অভিকর্ষজ বল কার্যকরী হয় না। কাজেই, এক্ষেত্রে $P = 0$ হওয়ায় $W = 0$ হয়।

আবার একটি হাল্কা পাথর খণ্ডকে সামনের দিকে খানিকটা গড়িয়ে দিয়ে যদি পুনরায় আগের জায়গায় ফিরিয়ে আনা হয় তাহ'লে মোট কাজ হয় শূন্য। কারণ এক্ষেত্রে পাথর খণ্ডের মোট সরণ শূন্য। অবশ্য পাথরকে সামনের দিকে গড়িয়ে দেওয়ার সময় কিছু কাজ করা হয়। আবার ইহাকে পুনরায় আগের জায়গায় ফিরিয়ে আনার সময়ও ঐ একই পরিমাণ কাজ করা হয়। তাহ'লে বোঝা যায় যে, সামনের দিকে গড়িয়ে দেওয়ার সময় যে কাজ করা হয় তা যদি ধনাত্মক ধরা হয়, তাহ'লে ফিরিয়ে আনার সময় ঐ একই পরিমাণ ঋণাত্মক কাজ করা হয়। ফলে মোট কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। একটা কথা মনে রাখবে যে, কাজ দু'টি ভেক্টর রাশির গুণফল (বল ও সরণ ভেক্টর রাশি) হ'লেও নিজে একটি **স্কেলার রাশি**।

দড়ি টানাটানি খেলায় বিজয়ী দল কার্য করে। কারণ এই দলের অভিমুখে পরাজিত দলের সরণ ঘটে।

কোন ব্যক্তি নদীতে সাঁতার কেটে তীর সাপেক্ষে স্থির থাকতে পারে কিন্তু সে কার্য করে, কেননা সে জলের উপর বল প্রয়োগ করে ও ঐ জলের সরণ ঘটে।

● **কার্যের একক (Units of work) :** এক একক বল কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া ক'রে আপন অভিমুখে বস্তুর এক একক সরণ ঘটালে বলা হয় যে, ঐ বল এক একক কার্য সম্পন্ন করে।

● **কার্যের পরম একক (Aboslute units of work) :** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে কার্যের পরম একক **আর্গ** (*erg*)। এক ডাইন বল প্রয়োগ করার দরুন বলের প্রয়োগ বিন্দু ইহার অভিমুখে ক্রিয়া রেখা বরাবর এক সেন্টিমিটার স'রে গেলে যে কার্য সম্পন্ন হয় তাকে **আর্গ** বলে। 1 আর্গ = 1 ডাইন × 1 সেন্টিমিটার।

এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে কার্যের পরম একক **ফুট-পাউন্ডাল** (***foot-poundal***)। এক পাউন্ডাল বল প্রয়োগ করার দরুন বলের প্রয়োগ বিন্দু ইহার অভিমুখে ইহার ক্রিয়া রেখা বরাবর এক ফুট স'রে গেলে যে কার্য সম্পন্ন হয় তাকে **ফুট-পাউন্ডাল** বলে।

1 ফুট-পাউন্ডাল = 1 পাউন্ডাল × 1 ফুট।

এম্. কে. এস পদ্ধতিতে কার্যের একককে জুল (*Joule*) বলে। এক নিউটন বল প্রয়োগ করার দরুন বলের প্রয়োগ বিন্দু ইহার অভিমুখে ইহার ক্রিয়া রেখা বরাবর এক মিটার স'রে গেলে যে কার্য সম্পন্ন হয় তাকে জুল বলে। 1 জুল = 1 নিউটন × 1 মিটার। জুলই কার্যের **ব্যবহারিক একক**।

মনে রাখা প্রয়োজন যে,

1 ফুট-পাউন্ডাল = 421400 আর্গ ; 1 জুল = 10^7 আর্গ।

● **কার্যের বিভিন্ন পরম একক (Different absolute units of work) :**

পদ্ধতি	প্রযুক্ত বল (F)	সরণ (S)	কৃত কার্য = F.S
সি. জি. এস্.	1 ডাইন	1 সে. মি.	1 আর্গ
এফ্. পি. এস্.	1 পাউন্ডাল	1 ফুট	1 ফুট-পাউন্ডাল
এম্. কে. এস্.	1 নিউটন	1 মিটার	1 জুল

● **কার্যের অভিকর্ষীয় একক (Gravitational units of work) :** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে কার্যের অভিকর্ষীয় একক **গ্রাম-সেন্টিমিটার**। এক গ্রাম ভরের কোন বস্তুকে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে ভূপৃষ্ঠ থেকে এক সেন্টিমিটার খাড়া উঁচুতে তুলতে যে কাজ করা হয় তাকে **গ্রাম-সেন্টিমিটার** বলে। **এক গ্রাম সেন্টিমিটার** = 981 আর্গ।

এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে কার্যের অভিকর্ষীয় একক **ফুট-পাউন্ড**। এক পাউন্ড ভরের কোন বস্তুকে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে ভু-পৃষ্ঠ থেকেখাড়া এক ফুট উঁচুতে তুলতে যে কাজ করা হয় তাকে **ফুট-পাউন্ড** বলে। এক **ফুট-পাউন্ড** = 32 **ফুট-পাউন্ডাল**।

এম. কে. এস্. পদ্ধতিতে কার্যের অভিকর্ষীয় একক **এক মিটার-কিলোগ্রাম**। এক কিলোগ্রাম ভরকে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে এক মিটার খাড়া উঁচুতে তুলতে যে কাজ করা হয় তাকে এক মিটার-কিলোগ্রাম বলে।

● **ব্যবহারিক একক (Practical unit) :** সাধারণত 'আর্গ' এককটি ব্যবহৃত হয়। কিন্তু 'আর্গ' খুব ছোট একক হওয়ায় অনেক সময় অপর একটি বড় একক 'জুল' ব্যবহার করা হয়। **এই 'জুল' একককে কার্যের ব্যবহারিক একক বলে।**

● **বিভিন্ন এককের সম্পর্ক :** আমরা জানি যে, 1 ফুট-পাউন্ডাল = 1 পাউন্ডাল × 1 ফুট।

আবার, 1 পাউন্ডাল = 13800 ডাইন (প্রায়) এবং 1 ফুট = 30·48 সে. মি.।

অতএব, 1 ফুট-পাউন্ডাল = $13800 \times 30{\cdot}48 = 4{\cdot}2 \times 10^5$ আর্গ।

তাছাড়া, 1 ফুট-পাউন্ড = 32 ফুট-পাউন্ডাল = $32 \times 4{\cdot}2 \times 10^5 = 1{\cdot}35 \times 10^7$ আর্গ (প্রায়) = 1·35 জুল।

আবার, 1 জুল = 1 নিউটন × 1 মিটার = 10^5 ডাইন × 10^2 সে.মি. = 10^7 আর্গ।

● **কার্যের বিভিন্ন এককের সম্পর্ক (Relation between different units of work) :**

একক	সি.জি.এস্. পদ্ধতি	এফ্.পি.এস্. পদ্ধতি	এম্.কে.এস্. পদ্ধতি	সম্পর্ক
চরম	আর্গ	ফুট-পাউন্ডাল	জুল	1 ফুট-পাউন্ডাল $=4{\cdot}2\times10^{5}$ আর্গ 1 জুল $=10^{7}$ আর্গ
অভিকর্ষজ	গ্রাম-সেমি.	ফুট-পাউন্ড	কিলোগ্রাম-মিটার	1 গ্রাম সেমি. $=981$ আর্গ 1 ফুটপাউন্ড $=1{\cdot}35\times10^{7}$ আর্গ
ব্যবহারিক	জুল	—	জুল	1 জুল $=10^{7}$ আর্গ

2·2. ক্ষমতা (Power) :

কোন ব্যক্তি যদি দু'সেকেন্ডে W কাজ করে এবং অপর কোন ব্যক্তি যদি এক সেকেন্ডে ঐ একই কাজ করে তাহ'লে বলা হয় যে, দ্বিতীয় ব্যক্তি প্রথম ব্যক্তির চেয়ে ক্ষমতাশালী। সুতরাং এক একক সময়ে কৃত কার্য দ্বারা ক্ষমতার পরিমাপ করা হয়। অর্থাৎ

$$\text{ক্ষমতা}=\frac{\text{কৃত কার্য (W)}}{\text{সময়}}=\frac{\text{বল}\times\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}=\textbf{বল}\times\textbf{বেগ}\qquad\left[\text{বেগ}=\frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}\right]$$

সুতরাং, **কার্য সম্পন্ন করার হারকে ক্ষমতা বলে।**

ক্ষমতার একক (Units of power) : কোন বস্তু এক একক সময়ে এক একক কাজ ক'রলে বলা হয় যে, ঐ বস্তুর ক্ষমতা এক একক।

● **পরম একক (Absolute units) :** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার পরম একক আর্গ/সেকেন্ড। অর্থাৎ কোন বস্তু এক একক সময়ে এক আর্গ কাজ ক'রলে ইহার ক্ষমতাকে সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে এক একক ধরা হয়।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে পরম একক ফুট-পাউন্ডাল/সেকেন্ড। অর্থাৎ কোন বস্তু এক একক সময়ে এক ফুট-পাউন্ডাল কাজ ক'রলে ইহার ক্ষমতাকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে এক একক ধরা হয়।

● **অভিকর্ষীয় একক (Gravitational units) :** সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার অভিকর্ষীয় একক গ্রাম সেন্টিমিটার/সেকেন্ড। এক গ্রাম ভরের কোন বস্তুকে এক সেকেন্ডে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে খাড়াভাবে এক সেন্টিমিটার তুলতে যে ক্ষমতার প্রয়োজন হয় তাকে এক গ্রাম-সেন্টিমিটার/সেকেন্ড বলে। এক গ্রাম-সেন্টিমিটার/সেকেন্ড $=981$ আর্গ/সেকেন্ড।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার অভিকর্ষীয় একক **ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড। এক পাউন্ড ভরের কোন বস্তুকে এক সেকেন্ডে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে খাড়াভাবে এক ফুট তুলতে যে ক্ষমতার প্রয়োজন হয় তাকে এক ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড বলে। এক ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড $=32$ ফুট-পাউন্ডাল/সেকেন্ড।**

● ক্ষমতার বিভিন্ন এককগুলির সম্পর্ক (Relation between different units of Power)

একক	সি. জি. এস্. পদ্ধতি	এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি	এম্. কে. এস্. পদ্ধতি	সম্পর্ক
চরম	আর্গ/সেকেন্ড	ফুট-পাউন্ডাল/সেকেন্ড	জুল/সেকেন্ড = ওয়াট	1 ফুট-পাউন্ডাল/সেকেন্ড $= 4{\cdot}2 \times 10^5$ আর্গ/সেকেন্ড 1 ওয়াট $= 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড
অভিকর্ষজ	গ্রাম সেমি/সেকেন্ড	ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড	কিলোগ্রাম-মিটার/সেকেন্ড	—
ব্যবহারিক		হর্স'পাওয়ার	ওয়াট, কিলোওয়াট, মেগাওয়াট	1 ওয়াট $= 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড 1 কিলোওয়াট $= 10^3$ ওয়াট $= 10^{10}$ আর্গ/সে. 1 মেগাওয়াট $= 10^6$ ওয়াট 1 হর্স'পাওয়ার $= 746$ ওয়াট 1 কিলোওয়াট $= 1{\cdot}34$ হর্স'পাওয়ার 1 হর্স'পাওয়ার $= 550$ ফুট-পাউন্ড/সে.

● **ব্যবহারিক একক** (**Practical units**) : সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার ব্যবহারিক একক **ওয়াট** (*watt*)। কোন বস্তু এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ ক'রতে পারলে ইহার ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলা হয়। এক ওয়াট = এক জুল/সেকেন্ড $= 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড। অনেক সময় ওয়াটের পরিবর্তে আর একটি বড় **একক কিলোওয়াট** ব্যবহৃত হয়। এক কিলোওয়াট = 1000 ওয়াট।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার ব্যবহারিক একক **হর্স-পাওয়ার** (*Horse-Power*)। যদি কোন বস্তু বা ব্যক্তি প্রতি সেকেন্ডে 550 ফুট-পাউন্ড কাজ করে তাহ'লে উহার ক্ষমতাকে এক হর্স-পাওয়ার বলা হয়। এঞ্জিনের ক্ষমতাকে সাধারণত হর্স-পাওয়ার এককে প্রকাশ করা হয়।

এক হর্স-পাওয়ার (H. P.) = 550 ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড
$= 550 \times 1$ ফুট $\times 1$ পাউন্ড ভার / সেকেন্ড
$= 550 \times 30{\cdot}48 \text{ cm} \times (453{\cdot}6 \times 981 \text{ dyne}) / \text{sec}$
$= 746 \times 10^7 \text{ erg} / \text{sec}$ (প্রায়)
$= 746$ জুল / সেকেন্ড = 746 ওয়াট

এক কিলোওয়াট = 1·34 H. P.।

● **কার্য ও ক্ষমতার সম্পর্ক** (**Relation between work and power**) :

আমরা জানি যে, ক্ষমতা $= \dfrac{\text{কৃত কার্য (W)}}{\text{সময় (t)}}$

উপরের সমীকরণে W কে স্থির ধ'রলে t এর মান যত কম হয় ক্ষমতার মান তত বেশি হয় অর্থাৎ **কোন নির্দিষ্ট কার্যকে যত তাড়াতাড়ি সম্পন্ন করা যায় ক্ষমতা তত বেশি হয়।**

2·3. শক্তি (Energy) :

কোন বস্তু অপর কোন বস্তুর উপর বল প্রয়োগ ক'রে কাজ ক'রতে পারে। এইরূপক্ষেত্রে বলা হয় যে, প্রথম বস্তুর শক্তি আছে। যখন এই বলের প্রভাবে গতি উৎপন্ন হয় তখন প্রথম বস্তু কাজ করে ও শক্তি হারায়।

কোন বস্তুর কার্য সম্পন্ন করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। কোন বস্তু যতটা কাজ ক'রতে পারে ইহার শক্তিও ততটাই। প্রকৃতপক্ষে, **শক্তি ও কাজ একই এবং ইহাদের একই এককে প্রকাশ করা হয়।** প্রথম অধ্যায়ের দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে শক্তির বিভিন্ন রূপ, রূপান্তর, অবিনশ্বরতা ইত্যাদি সম্পর্কে বিশদভাবে আলোচনা করা হ'য়েছে।

শক্তির বিভিন্ন রূপের মধ্যে যান্ত্রিক শক্তি অন্যতম। এই যান্ত্রিক শক্তিকে মোটামুটি দুইভাগে ভাগ করা হয়। যেমন (1) **স্থিতিশক্তি** (*Potential energy*) ও (2) **গতিশক্তি** (*Kinetic energy*)।

● **স্থিতিশক্তি :** স্বাভাবিক অবস্থা থেকে পরিবর্তন ক'রে কোন বস্তুকে অন্য অবস্থায় আনলে অর্থাৎ বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ক'রলে (এই পরিবর্তন পারি-পার্শ্বিকতার পরিপ্রেক্ষিতে বা ইহার আপন শর্তের বা বিভিন্ন অংশের আপেক্ষিক

অবস্থার তুলনায় হ'তে পারে।) বস্তু কাজ করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাকেই ঐ বস্তুর স্থিতিশক্তি বলে।

স্থিতির দরুন বস্তুতে একপ্রকার শক্তি সঞ্চয় হয়।

মনে রাখবে যে, **বলের বিরুদ্ধে বস্তুর সরণ হ'লে উহার স্থিতিশক্তি বাড়ে কিন্তু বলের দিকে বস্তুর সরণ হ'লে উহার স্থিতিশক্তি কমে।**

● **স্থিতিশক্তির উদাহরণ ঃ**

(i) একখণ্ড পাথর যতক্ষণ ভূ-পৃষ্ঠে প'ড়ে থাকে ততক্ষণ ইহার কাজ করার মত কোন শক্তি থাকে না। পাথর খণ্ডকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে কিছুটা উপরে তুললে ইহা আবার ভূ-পৃষ্ঠে পড়া পর্যন্ত খানিকটা কাজ ক'রতে পারে। ভূ-পৃষ্ঠের অবস্থানকে যদি পাথর খণ্ডের স্বাভাবিক বা প্রমাণ অবস্থান (standard position) ধরা হয় তাহ'লে পরিবর্তিত অবস্থা থেকে স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে আসা পর্যন্ত ইহার কাজ করার সামর্থ্য থাকে।

(ii) সংকুচিত বায়ু যন্ত্রপাতি চালাতে পারে। বায়ুর সংকোচনের দরুন শক্তি উৎপন্ন হয়। প্রমাণ চাপে বায়ুর অবস্থাই স্বাভাবিক অবস্থা। সংকুচিত বায়ু এক বায়ুমণ্ডল চাপে প্রসারিত হ'তে গিয়ে যে কাজ করে তাকে ইহার স্থিতিশক্তি বলে।

(iii) একটি স্প্রিং সাধারণ অবস্থায় কোন কাজ ক'রতে পারে না। কিন্তু ঘড়ির স্প্রিং-এ দম দিলে ইহা কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে ও ঘড়িকে চালায়। দম দেওয়ার দরুন স্প্রিং সংকুচিত হয় এবং ইহার স্বাভাবিক স্বরূপ (configuration) বদলায়। দম খুললে স্প্রিং স্বাভাবিক অবস্থা ফিরে পায় ও কাজ করে। সুতরাং বলা যায় যে, এই কাজই দম দেওয়া স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তি।

এখানে একটা কথা বলা প্রয়োজন যে, স্থিতিশক্তি পরিমাপের জন্য একটি সূচকতল (base plane) দরকার। যদি এই সূচক-তল বিভিন্ন হয় তবে স্থিতিশক্তির মানও বিভিন্ন হয়। কোন বাড়ির ছাদ থেকে একখণ্ড পাথরকে উপর দিকে ছুঁড়লে, ইহা যত উপরে ওঠে (ছাদের তুলনায়) ততই ইহার স্থিতিশক্তি বাড়তে থাকে। সর্বোচ্চ উচ্চতায় যখন পাথর খণ্ড পৌঁছায় তখন ইহার স্থিতিশক্তি সব চেয়ে বেশি হয়। এরপর পাথর খণ্ড যত নীচের দিকে প'ড়তে থাকে ততই ইহার স্থিতিশক্তি কমতে থাকে এবং যখন ইহা ছাদের সমতলে আসে তখন ছাদের তুলনায় ইহার স্থিতিশক্তি শূন্য হয়। তারপর যখন পাথর খণ্ড ভূ-পৃষ্ঠের দিকে প'ড়তে থাকে তখন ভূ-পৃষ্ঠের তুলনায় ইহার স্থিতিশক্তি ক্রমশ কমতে থাকে, কিন্তু ছাদের তুলনায় ইহার স্থিতিশক্তি ক্রমশ ঋণাত্মক হয়। কাজেই সূচক-তল নির্দিষ্ট না থাকলে যা পরিমাপ করা হয় তা স্থিতিশক্তির পরিবর্তনের মান।

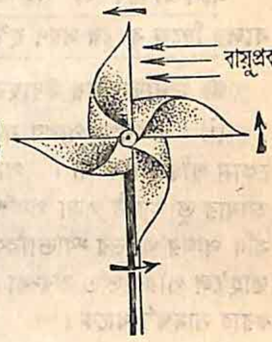
● **গতিশক্তি (Kinetic energy) ঃ** কোন গতিশীল বস্তুতে ইহার গতির জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য সঞ্চিত হয় তাকে ঐ বস্তুর **গতিশক্তি** বলে।

কোন গতিশীল বস্তু স্থির অবস্থায় আসার আগে বাইরে থেকে প্রযুক্ত বলের বিরুদ্ধে যতটা কাজ ক'রতে পারে তাই ঐ বস্তুর গতিশক্তি।

● **গতিশক্তির উদাহরণ :**

(i) ভূ-পৃষ্ঠের উপর দিয়ে গড়িয়ে চলা একটি বলের গতিশক্তি আছে। কেননা, স্থির অবস্থায় অনুরূপ একটি বলের সঙ্গে ইহার ধাক্কা লাগলে স্থির বলটি ভূ-পৃষ্ঠের ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে গড়াতে শুরু করে।

(ii) বন্দুক থেকে ছোঁড়া গুলি কাঠের জানালা ভেদ ক'রে যায়। কিন্তু গুলিটিকে জানালায় ঠেকিয়ে রাখলে ইহা কাঠ ভেদ ক'রে যেতে পারে না। সুতরাং ইহা গতিশীল অবস্থায় কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে।



চিত্র 46

(iii) প্রবাহিত বায়ু পালে লাগলে নৌকা চলে। জলের বাধা অতিক্রম করার জন্য প্রয়োজনীয় কাজ বায়ুপ্রবাহ সম্পন্ন করে। এই কাজ করার জন্য বায়ু গতি শক্তি সংগ্রহ করে। প্রবাহিত বায়ুর গতি শক্তি চালিত কাগজের চক্র (চিত্র 46) ইত্যাদি দেখে থাকবে।

● **স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির পরিমাপ :**

● **স্থিতিশক্তির পরিমাপ :** m ভরের কোন বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে h উচ্চতায় তুললে বস্তুর উপর কৃত কার্য = বস্তুর ওজন × উচ্চতা $= mg \times h = mgh$।

স্থিতিশক্তির মান সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে পরম এককে mgh আর্গ ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে পরম এককে mgh ফুট-পাউন্ডাল। আবার স্থিতিশক্তির মান সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে অভিকর্ষীয় এককে mh গ্রাম-সেন্টিমিটার ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে অভিকর্ষীয় এককে mh ফুট-পাউন্ড।

● **গতিশক্তির পরিমাপ :** দেখানো যায় যে, m ভর-বিশিষ্ট কোন বস্তু কোন মুহূর্তে u বেগে চ'ললে ইহার গতিশক্তি বেগের বর্গ ও ভরের গুণফলের অর্ধেক হয় অর্থাৎ $\frac{1}{2}mu^2$ হয়।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ভরকে গ্রাম এককে এবং বেগকে সেন্টিমিটার/সেকেন্ড এককে প্রকাশ করা হয়। তাই গতিশক্তি $\frac{1}{2}mu^2$ আর্গ হয়। এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভরকে পাউন্ড এককে ও বেগকে ফুট / সেকেন্ড এককে প্রকাশ করা হয়। তাই গতিশক্তি $\frac{1}{2}mu^2$ ফুট-পাউন্ডাল হয়।

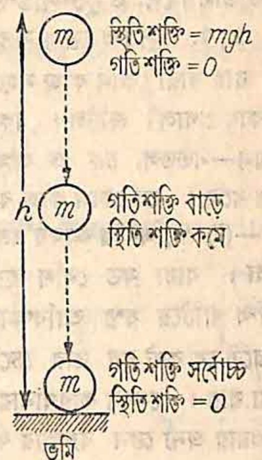
● **অবাধে পতনশীল বস্তুর মোট শক্তি :** অবাধে পতনশীল বস্তুর যে কোন অবস্থানে ইহার মোট যান্ত্রিক শক্তি (স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি) সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে।

(i) **বস্তুর সর্বোচ্চ অবস্থানে** h উচ্চতায় ইহা স্থির অবস্থায় থাকে। এই অবস্থানে ইহার সম্পূর্ণ শক্তিই স্থিতি শক্তি কেননা ইহার বেগ (v) শূন্য। এই শক্তির

মান $= mgh$; $m =$ বস্তুর ভর, $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ ; এই অবস্থানে বস্তুর গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m.0^2 = 0$ ।

(ii) বস্তু যখন প'ড়তে থাকে তখন h এর মান ক'মতে থাকে। কাজেই বস্তুর স্থিতিশক্তি কমতে থাকে। আবার বস্তুর বেগ বাড়তে থাকায় ইহার গতিশক্তি বাড়তে থাকে ? মোট শক্তি কিন্তু স্থির থাকে।

(iii) ভূ-পৃষ্ঠে পড়ার মুহূর্তে বস্তুর বেগ সর্বোচ্চ হয়, তাই গতিশক্তিও সর্বোচ্চ হয় এবং স্থিতিশক্তি শূন্য হয়, কেননা h এর মান তখন শূন্য হয়। ভূ-পৃষ্ঠ স্পর্শ ক'রলে বস্তুর গতিশক্তি তাপ ও শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র 47

● **স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির পার্থক্য (Distinction between potential energy and kinetic energy) :**

(i) চারপাশের তুলনায় কোন বস্তুর প্রতি অংশের বিশেষ আপেক্ষিক অবস্থানের জন্য যে শক্তি তাই ইহার স্থিতিশক্তি। কোন বস্তু ইহার গতির জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাই ইহার গতিশক্তি।

(ii) স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তি উভয়েই স্কেলার রাশি এবং উভয়কেই একই এককে মাপা হয়।

(iii) কোন বস্তুতে স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হয় ইহার বিশেষ অবস্থিতি বা আকৃতিগত পরিবর্তনের জন্য, কিন্তু কোন বস্তুতে গতিশক্তি সঞ্চিত হয় ইহার গতির জন্য। কোন বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে তোলা যায় ততই ইহার স্থিতিশক্তি বাড়ে, কিন্তু গতিশীল বস্তুর বেগ যত বেশি হয় ততই ইহার গতিশক্তি বাড়ে।

● **শক্তি ও ক্ষমতার পার্থক্য (Distincion beteween energy and power) :**

(i) এক একক সময়ে কোন বস্তু যতটা কাজ করে অর্থাৎ বস্তুর কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে। কিন্তু কোন বস্তু মোট যতটা কাজ (সময় নির্বিশেষে) ক'রতে পারে তাই ইহার শক্তি।

(i) শক্তি ও ক্ষমতা উভয়েই স্কেলার রাশি, কিন্তু ইহাদের পরিমাপের একক বিভিন্ন। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে শক্তির পরম ও অভিকর্ষীয় একক যথাক্রমে আর্গ ও গ্রাম-সেন্টিমিটার এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে যথাক্রমে ফুট-পাউন্ডাল ও ফুট-পাউন্ড। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার পরম ও অভিকর্ষীয় একক যথাক্রমে

আর্গ / সে· ও গ্রাম-সে· মি· / সে· এবং এফ্. পি· এস্. পদ্ধতিতে যথাক্রমে ফুট-পাউন্ডাল / সে· ও ফুট-পাউন্ড / সে·।

2·4. সাধারণ যন্ত্র (Simple machine) :

যার দ্বারা কোন কাজ সহজে করা যায় তাকে যন্ত্র বলে। সাধারণত যন্ত্রের গঠন ও কার্যপ্রণালী জটিল। কিন্তু কয়েকটি যন্ত্রের গঠন ও কার্যপ্রণালী খুবই সরল। যেমন—নততল, চক্র ও অক্ষদন্ড, লিভার ইত্যাদি। তাই এই যন্ত্রগুলিকে **সাধারণ যন্ত্র** বলে। যে কোন কাজ ক'রতে গেলে প্রধানত তিন ধরনের বাধা অতিক্রম ক'রতে হয়—(i) **পৃথিবীর আকর্ষণজনিত বাধা**, (ii) **ঘর্ষণজনিত বাধা** ও (iii) **জড়তাজনিত বাধা**। বাধা যত বেশি হয়, কাজ ক'রতে তত বেশি অসুবিধা হয়। তাই মানুষ বুদ্ধি খাটিয়ে যন্ত্র আবিষ্কার ক'রেছে। আসলে যন্ত্রের সহায়তা ছাড়া কোন কাজ ক'রতে যে কষ্ট হয় তার চেয়ে অনেক কম কষ্ট হয় যদি উপযুক্ত কোন যন্ত্র ব্যবহার করা যায়। যেমন কারখানায় ভারী বস্তুকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সহজে নিয়ে যাওয়ার জন্য ক্রেন ব্যবহার করা হয়, স্ক্রু-জ্যাকের (screw jack) সাহায্যে ভারী মোটরগাড়িকে সহজে উপর দিকে তোলা যায় ইত্যাদি। বিজ্ঞানের ভাষায়—যে **ব্যবস্থার সাহায্যে কোন নির্দিষ্ট স্থানে ও নির্দিষ্ট দিকে বল প্রয়োগ ক'রে অন্য স্থানে এবং অন্য দিকে প্রাপ্ত অপেক্ষাকৃত বেশি বলের দ্বারা বাধার বিরুদ্ধে কাজ করা হয় তাকে যন্ত্র** (*machine*) **বলে**। যন্ত্রের উপযোগিতা দু'প্রকারের। যথা :

(i) **শক্ত কাজকে সহজ করা,**

(ii) **গতিশীল বস্তুর গতি বৃদ্ধি করা ও ইহার দিক পরিবর্তন করা।**

কোন যন্ত্র দ্বারা সম্পাদিত কার্য আমরা নীচের তিনটি রাশি দ্বারা বিচার ক'রতে পারি।

(i) **যান্ত্রিক সুবিধা (Mechanical advantage) :**

প্রায় প্রত্যেক যন্ত্রে কম বল দিয়ে বেশি বল পাওয়া যায়। যন্ত্রে সরাসরি যে বল দেওয়া হয় তাকে **চেষ্টা** (*effort*) বা **প্রদত্ত বল** (*power*) বলে। যন্ত্র বল প্রয়োগ ক'রে যে প্রতিরোধ জয় করে তাকে **বাধা বা ভার** (*load*) বলে। ভার ও চেষ্টার অনুপাতকে **যান্ত্রিক সুবিধা** (*mechanical advantage*) বলে। কাজেই,

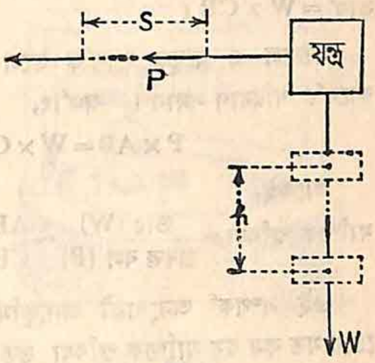
$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{\text{ভার}}{\text{চেষ্টা}} = \frac{W}{P}, \text{ যেখানে ভার} = W \text{ ও চেষ্টা} = P \text{।}$$

যদি W বেশি ও P কম হয় তবে যান্ত্রিক সুবিধা একের বেশি হয়। অর্থাৎ এরূপ যন্ত্রে কম বল প্রয়োগ ক'রে বেশি ভার তোলা যায়। কিন্তু যদি W কম ও P বেশি হয় তাহ'লে যান্ত্রিক সুবিধা একের কম হয়। অর্থাৎ, এই যন্ত্রে বেশি বল প্রয়োগ ক'রে কম ভার তোলা যায়। কাজেই, এই যন্ত্রে সুবিধার পরিবর্তে অসুবিধা হয়। আবার যদি W ও P সমান হয় তাহ'লে যান্ত্রিক সুবিধার মান এক হয়। এইরূপ যন্ত্রের সুবিধা বা অসুবিধা ব'লে কিছু নেই।

(ii) **কর্মদক্ষতা (Efficiency) ঃ** সাধারণত যন্ত্রে প্রযুক্ত শক্তি ও যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত শক্তি সমান হয় না। প্রযুক্ত শক্তির কিছুটা ঘর্ষণ ইত্যাদি বাধা অতিক্রম ক'রতে ব্যয়িত হয়। যদি যন্ত্রে প্রযুক্ত শক্তি ও যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত শক্তি সমান হয় তবে যন্ত্রকে পূর্ণ দক্ষ (efficient) বলা হয়। তাই,

$$\text{কর্মদক্ষতা} = \frac{\text{যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত কার্য}}{\text{যন্ত্রে প্রযুক্ত কার্য}}\text{।}$$

(iii) **বেগ অনুপাত (Velocity ratio) ঃ** আদর্শ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 100% অর্থাৎ এইরূপ যন্ত্রে প্রযুক্ত শক্তি ও যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত শক্তি সমান; মনে করি, একটি আদর্শ যন্ত্রে প্রদত্ত বল P-এর প্রয়োগ বিন্দু (point of application) বলের দিকে এক সেকেন্ডে S দূরত্ব স'রে যায় (চিত্র 48)। এক্ষেত্রে, প্রযুক্ত শক্তি = P. S। ইহার দরুন, মনে করি, ভার W এক সেকেন্ডে খাড়া h দূরত্ব ওঠে। কাজেই, প্রাপ্ত শক্তি = W. h। যন্ত্রটি আদর্শ হওয়ায়, P. S = W. h, অথবা, $\frac{S}{h} = \frac{W}{P}$।



চিত্র 48

বেগ অনুপাত ব'লতে S ও h এর এই অনুপাতকে বোঝায়।

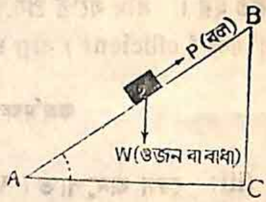
$$\text{আদর্শ যন্ত্রের বেলায়, যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{\text{ভার (W)}}{\text{প্রদত্ত বল (P)}} = \frac{S}{h} = \text{বেগ অনুপাত।}$$

সাধারণভাবে ব্যবহৃত যন্ত্রগুলিতে যান্ত্রিক সুবিধা বেগ অনুপাতের চেয়ে কম হয়।

● **নততল (Inclined plane) ঃ** যখন কোন কাঠের তক্তা বা ঐ ধরনের কোন সমতলকে অনুভূমিক তলের সঙ্গে সূক্ষ্ম কোণে আনত রাখা হয় তখন তাকে **নততল** বলা হয়। খাড়াভাবে কোন বস্তুকে তুলতে যত কষ্ট ক'রতে হয়, এইরূপ নততল বরাবর ঐ বস্তুকে তুলতে তার থেকে অনেক কম কষ্ট ক'রতে হয়। লরী বা মালগাড়িতে ভারী জিনিসপত্র তোলার জন্য প্রায়শই এইরূপ নততল ব্যবহৃত হয় (চিত্র 49)। আমরা জানি যে, বাড়ির সিঁড়ি খুব খাড়া হ'লে ওঠা-নামা করা কষ্টসাধ্য হয়। যদি পাহাড়ী অঞ্চলে রাস্তা ঢালু ও আঁকাবাঁকা না হয় তবে ওঠানামা করা খুব কষ্টসাধ্য হয়। বাড়ির উপর তলায় ওঠার সিঁড়ির-ধাপের উচ্চতা যত কম হয় সিঁড়ি তত ঢালু হয়। তাই উপরে উঠতে কষ্ট কম হয়। কারণ এইরূপ ক্ষেত্রে কম বল ধীরে ধীরে প্রয়োগ ক'রে উপরে ওঠা যায়।


চিত্র 49

AB নততল AC অনুভূমিক তলের সহিত BAC কোণে নত (চিত্র 50)। এই ∠BAC কে **নতকোণ** (*angle of inclination*) বলে। মনে করি, W ভারের কোন বস্তুকে AB নততলের উপর রেখে নততলের সমান্তরালে P বল প্রয়োগ করা হয়। এই প্রযুক্ত বলের প্রভাবে বস্তু A বিন্দু থেকে স'রে B বিন্দুতে যায়। কাজেই মোট কৃত কার্য = বল × দূরত্ব = P × AB। আবার, W ভারকে C বিন্দু থেকে CB বরাবর খাড়াভাবে B বিন্দুতে তুলতে কৃত কার্য = W × CB।



চিত্র 50

নততল ও বস্তুর স্পর্শক তলে ঘর্ষণজনিত বাধা অগ্রাহ্য করা গেলে এই দুই কার্যের পরিমাণ সমান। অর্থাৎ,

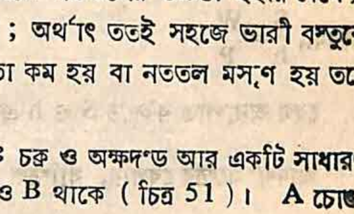
$$P \times AB = W \times CB, \quad \text{বা,} \quad \frac{W}{P} = \frac{AB}{CB}।$$

কাজেই,

$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{\text{ভার (W)}}{\text{প্রদত্ত বল (P)}} = \frac{AB}{CB} = \frac{\text{নততলের দৈর্ঘ্য}}{\text{অনুভূমিক তল থেকে নততলের উচ্চতা}}।$$

এই সম্পর্ক অনুযায়ী অনুভূমিক তল থেকে নততলের উচ্চতা ইহার দৈর্ঘ্যের চেয়ে যত কম হয় যান্ত্রিক সুবিধা তত বেশি হয় ; অর্থাৎ ততই সহজে ভারী বস্তুকে উপরে তোলা যায়। আবার যদি নততলের নততা কম হয় বা নততল মসৃণ হয় তবে যান্ত্রিক সুবিধা বেড়ে যায়।

● **চক্র ও অক্ষদণ্ড (Wheel and axle)** : চক্র ও অক্ষদণ্ড আর একটি সাধারণ যন্ত্র। এই যন্ত্রে শক্ত নিরেট ধাতব চোঙ্ A ও B থাকে (চিত্র 51)। A চোঙ্ লম্বায় ছোট কিন্তু ব্যাসে বড় ; B চোঙ্ লম্বায় বড়, কিন্তু ব্যাসে ছোট। A চোঙ্কে **চক্র** (*wheel*) ও B চোঙ্কে **অক্ষদণ্ড** (*axle*) বলে। A চোঙের ভিতরে ইহার কেন্দ্র বরাবর B চোঙ্কে প্রবেশ করানোর মত গর্ত থাকে। এই গর্তের ভিতরে B চোঙকে প্রবেশ করানো হয়। অক্ষদণ্ডের দুই প্রান্তের সরু অগ্রভাগ C ও D কে ধারকের উপর এমনভাবে রাখা হয় যাতে, চক্র ও অক্ষদণ্ড একই অক্ষ বরাবর ঘুরতে পারে।

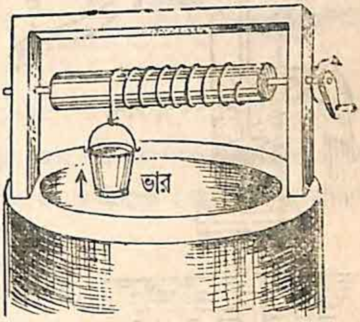


চিত্র 51

একটি দড়ির একপ্রান্ত A-এর যে কোন স্থানে বেঁধে ইহার উপর বেশ কয়েকপাক জড়ান হয়। দড়ির অপর প্রান্তে P বল প্রয়োগ করা হয়। অপর একটি দড়ির এক প্রান্ত P-এর যে কোন স্থানে বাঁধা হয়। A চোঙের উপর প্রথম দড়িকে যেদিকে জড়ানো হয় তার বিপরীত দিকে B চোঙের উপর দ্বিতীয় দড়িকে জড়ানো হয়। দ্বিতীয় দড়ির খোলা প্রান্তে যে ভার (W) তুলতে হবে, তাকে বেঁধে দেওয়া হয়।

A চক্রের দড়ি খোলা প্রান্তে P বল প্রয়োগ ক'রলে চক্র ঘুরতে থাকে এবং চক্রের উপর জড়ানো দড়ির পাক খুলতে থাকে। চক্রের সঙ্গে অক্ষদণ্ড ঘুরতে থাকে, কিন্তু অক্ষদণ্ডের উপর দাড় বিপরীত দিকে জড়ানো থাকায় ইহা আরো জড়াতে শুরু করে। তাই ওজন (W) উপরদিকে ওঠে। অর্থাৎ P যত নীচের দিকে নামে W তত উপর দিকে ওঠে। এই যন্ত্রের যান্ত্রিক সুবিধা নীচের সূত্র থেকে পাওয়া যায়—

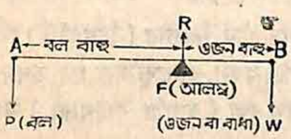
$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{W}{P} = \frac{\text{চক্রের ব্যাসার্ধ (R)}}{\text{অক্ষদণ্ডের ব্যাসার্ধ (r)}} \text{।}$$



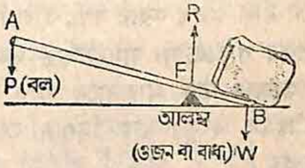
চিত্র 52

মাছ ধরার ছিপে চাকার ব্যবহারে, ইঁদারা, কুয়ো ইত্যাদি থেকে জল তোলার কাজে, (চিত্র 52) মোটর গাড়ি ও জাহাজ ইত্যাদির নিয়ামক চক্র (steering wheel), জাহাজের নোঙর তোলবার ও ফেলবার কাজে চক্র ও অক্ষদণ্ডের কার্যনীতি ব্যবহৃত হয়।

● **লিভার (Lever) :** একটি সোজা অথবা বাঁকা শক্তদণ্ডকে ইহার কোন **স্থির** বিন্দুর চারপাশে ঘোরাবার যান্ত্রিক ব্যবস্থাকে **লিভার** বলে। ঐ স্থির বিন্দুকে **আলম্ব** (*fulcrum*) বলে। আলম্ব বিন্দু লিভার দণ্ডকে যে দু'ভাগে ভাগ করে তাদের লিভারের **বাহু** (*arm*) বলে। যে বাহুতে বল প্রয়োগ করা হয় তাকে **প্রথম বাহু** আর যে বাহুতে ভার থাকে তাকে **দ্বিতীয় বাহু** বলে। এই বাহুদ্বয়কে যথাক্রমে **চেষ্টা বা বল বাহু** (*effort arm*) এবং **বাধা বাহু**ও (*resistance arm*) বলে (চিত্র 53 ও 54)। আলম্ব, বাধা ও বলের প্রয়োগ বিন্দুর অবস্থান অনুযায়ী লিভারকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।



চিত্র 53

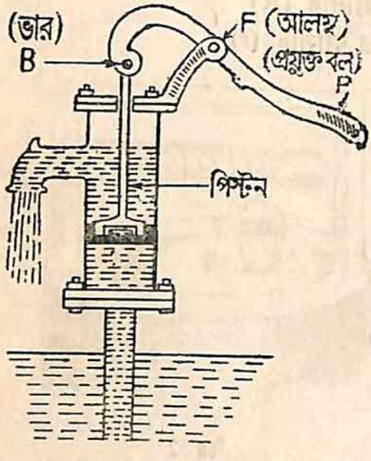


চিত্র 54

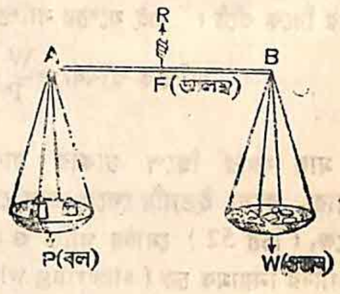
● **প্রথম শ্রেণীর লিভার :** যে লিভারের এক প্রান্তে বল প্রযুক্ত হয়, অপর প্রান্তে ওজন বা বাধা থাকে এবং ইহাদের মধ্যবর্তী যে কোন স্থানে আলম্ব বিন্দু থাকে তাকে **প্রথম শ্রেণীর লিভার** বলে।

AB একটি প্রথম শ্রেণীর লিভার যার আলম্ব F (চিত্র 53)। P বল A

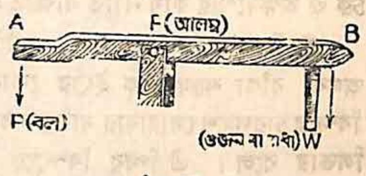
বিন্দুতে এবং W ওজন B বিন্দুতে একই দিকে ক্রিয়া করে। ওজন বা বাধা থেকে সাধারণত আলম্বের দূরত্ব কম হয়। এই শ্রেণীর লিভারের যান্ত্রিক সুবিধা $= \frac{\text{বল বাহু}}{\text{বাধা বাহু}} = \frac{AF}{BF}$। বাধা বাহুর তুলনায় বল বাহু বড় হওয়ায় যান্ত্রিক সুবিধার



চিত্র 55



চিত্র 56

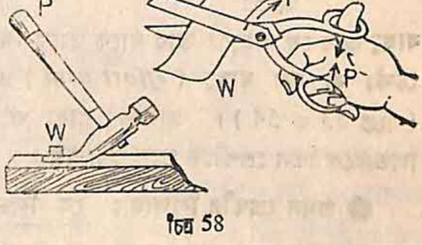


চিত্র 57

মান একের বেশি হয়। তাই কম বল দ্বারা বেশি কাজ করা যায়। শাবল (চিত্র 54), নলকূপের হাতল (চিত্র 55), পেরেক তোলার হাতুড়ি, কয়লা সরানোর বেলচা, স্টেশনে মাল ওজন করার যন্ত্র, ইত্যাদি প্রথম শ্রেণীর লিভার।

প্রথম পরিচ্ছেদে আলোচিত তুলাযন্ত্রও প্রথম শ্রেণীর লিভার (চিত্র 56)। এই যন্ত্রে আলম্ব ঠিক মাঝখানে থাকে। তাই তুলাদণ্ড যখন অনুভূমিক হয় তখন বাধা (অর্থাৎ যে বস্তুর ভর নির্ণয় করা হয়) ও প্রদত্ত বল (অর্থাৎ বাটখারা) উভয়েই সমান হয়।

যদি ওজন বাহুর (BF) তুলনায় বল বাহু (AF) ছোট হয় তবে যান্ত্রিক সুবিধার মান একের কম হয়। এইরূপ ক্ষেত্রে বেশি বল প্রয়োগ ক'রে কম কাজ পাওয়া যায়। ঢেঁকি এইরূপ একটি লিভার (চিত্র 57)। সাঁড়াশি ও কাঁচিতে (চিত্র 58) প্রথম শ্রেণীর দু'টি লিভার একসঙ্গে কাজ করে।

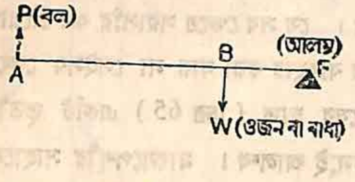


চিত্র 58

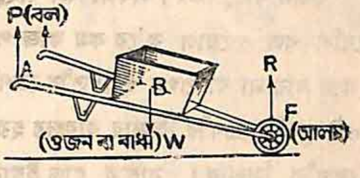
● **দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার :** যে লিভারের এক প্রান্তে বল প্রযুক্ত হয়, অপর প্রান্তে আলম্ব বিন্দু থাকে এবং ইহাদের মধ্যবর্তী যে কোন এক বিন্দুতে ওজন বা বাধা

ক্রিয়া করে তাকে দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার বলে (চিত্র 59)। এই শ্রেণীর লিভারে বল উপরের দিকে এবং ওজন বা বাধা নীচের দিকে ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে,

$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{W}{P} = \frac{\text{বল বাহু}}{\text{বাধা বাহু}} = \frac{AF}{BF}\text{ ।}$$



চিত্র 59

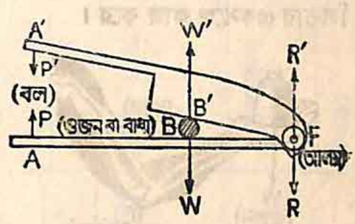


চিত্র 60

বেশি যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়ার জন্য এই লিভারে বাধাকে আলম্বের কাছাকাছি রাখা হয়। এক চাকার হাতগাড়ি (চিত্র 60), কর্কস্কুইজার (corksqueezer),

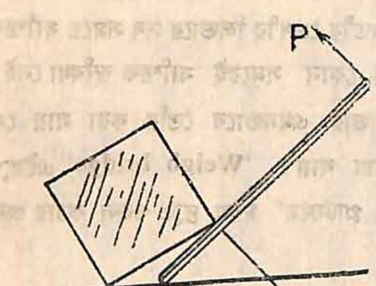


চিত্র 61

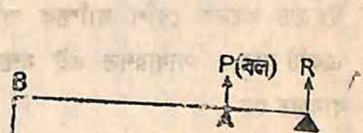


চিত্র 62

নৌকার দাঁড় (চিত্র 61), পাঞ্চিং মেশিন (punching machine) ইত্যাদি দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার। যাঁতিতে দ্বিতীয় শ্রেণীর দু'টি লিভার একসঙ্গে কাজ করে (চিত্র 62)। কোন দণ্ডের সাহায্যে চাড় দিয়ে ভারী বস্তু তোলার চেষ্টা ক'রলে তা দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার হিসেবে কাজ করে (চিত্র 63)।



চিত্র 63



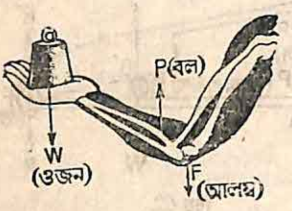
চিত্র 64

● **তৃতীয় শ্রেণীর লিভার :** যে লিভারের এক প্রান্তে ওজন বা বাধা অপর প্রান্তে আলম্ব বিন্দু এবং ইহাদের মধ্যবর্তী কোন এক বিন্দুতে বল ক্রিয়া করে তাকে তৃতীয়

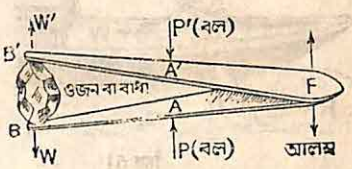
শ্রেণীর লিভার বলে (চিত্র 64)। এই শ্রেণীর লিভারে বল উপরের দিকে এবং ওজন নীচের দিকে ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে,

$$\text{যান্ত্রিক সুবিধা} = \frac{W}{P} = \frac{\text{বল বাহু}}{\text{ওজন বা বাধা বাহু}} = \frac{AF}{BF}।$$

ওজন বাহু (BF) সর্বদা বল বাহু (AF) এর চেয়ে বড় হওয়ায় এই শ্রেণীর লিভারে বেশি বল প্রয়োগ ক'রে কম কাজ পাওয়া যায়। যে সব ক্ষেত্রে সরাসরি বল প্রয়োগ করা যায় না বা প্রথম ও দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার ব্যবহার করা যায় না সেইসব ক্ষেত্রে এই তৃতীয় শ্রেণীর লিভার ব্যবহৃত হয়। মানুষের হাত (চিত্র 65) একটি তৃতীয় শ্রেণীর লিভার। বাহুর হাড় ইহার দণ্ড, কনুই আলম্ব। মাংসপেশীর সাহায্যে বাহুর মাঝ বরাবর বল প্রযুক্ত হয় এবং হাতের তালু ভার তোলে। মুখের চোয়াল, পাঁউরুটি কাটার ছুরি, যে কোন প্রকার চিমটা (চিত্র 66), মাছ ধরার ছিপ, মাল তোলার ক্রেন, বেলচা ইত্যাদি তৃতীয় শ্রেণীর লিভার। চিমটায় তৃতীয় শ্রেণীর দু'টি লিভার একসঙ্গে কাজ করে।



চিত্র 65



চিত্র 66

উপরের তিন শ্রেণীর লিভারের আলোচনায় দেখা যায় যে, প্রথম শ্রেণীর লিভারে যান্ত্রিক সুবিধা ও অসুবিধা দুইই আছে। দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারে সব সময়ে যান্ত্রিক সুবিধা আছে এবং তৃতীয় শ্রেণীর লিভারে কোন সময়েই যান্ত্রিক সুবিধা নেই। অনেকগুলি লিভারকে যুক্ত ক'রে একটি লিভার এমনভাবে তৈরি করা যায় যে, ইহাতে অনেক বেশি যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যায়। 'Weigh bridge' এইরূপ একটি যন্ত্র। সাধারণত এই যন্ত্র রেলওয়ে প্লাটফর্মে মাল দ্রুত ওজন করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

মনে রাখবে যে, কম বল প্রয়োগ ক'রে যন্ত্রের সাহায্যে বেশি বাধা অতিক্রম করা যায়, কিন্তু শক্তির দিক থেকে লাভবান হওয়া যায় না। যন্ত্রে যে শক্তি প্রয়োগ করা যায়, যন্ত্র তাই ফিরিয়ে দেয়, ইহা বেশি শক্তি সৃষ্টি ক'রতে পারে না। আসলে যন্ত্র প্রযুক্ত শক্তির চেয়ে কম শক্তি ফিরিয়ে দেয়, কেননা যন্ত্রের বিভিন্ন অংশের মধ্যে ঘর্ষণ-জনিত বাধা অতিক্রম করার জন্য কিছু শক্তি ব্যয়িত হয়।

● নীচের সারণীতে বিভিন্ন লিভারের নাম, আলম্ব বিন্দু, প্রযুক্ত বল, ভার, যান্ত্রিক সুবিধা ইত্যাদি দেওয়া হ'য়েছে ঃ—

নাম	আলম্ব বিন্দু	প্রযুক্ত বল	ভার বা বাধা	শ্রেণী	যান্ত্রিক সুবিধা
শাবল	শাবল যেখানে চাড় দেয়	হাত দ্বারা শাবলের এক প্রান্তে	বস্তু	প্রথম	একের বেশি
পেরেক তোলার হাতুড়ি	হাতুড়ি যেখানে চাড় দেয়	হাত দ্বারা হাতলে	পেরেক	প্রথম	একের বেশি
নলকুপের হাতল	হাতল যেখানে পাম্পের সঙ্গে যুক্তথেকে ঘোরে	হাত দ্বারা হাতলের প্রান্তে	পাম্পের জল	প্রথম	একের বেশি
ঢেঁকি	ঢেঁকি যেখানে আটকানো থেকে ওঠা নামা করে	পা দ্বারা এক প্রান্তে	বিপরীত প্রান্তে বস্তুর উপর	প্রথম	একের কম
তুলা দণ্ড	ক্ষুর ধার	তুলা পাত্র	তুলা পাত্র	প্রথম	এক
কাঁচি ও সাঁড়াশি	যেখানে কাঁচি ও সাঁড়াশির দু'টি খণ্ড আটকানো থাকে	হাত দ্বারা দুই খণ্ডের এক প্রান্তে	বস্তু	প্রথম শ্রেণীর দু'টি লিভার একসঙ্গে	
এক চাকার হাত গাড়ি	চাকায়	হাতলে	বাহিত বস্তু	দ্বিতীয়	একের বেশি
নৌকার দাঁড়	জলের মধ্যাস্থিত দাঁড়ের মাথায়	হাত দ্বারা দাঁড়ের উপরের প্রান্তে	নৌকা	দ্বিতীয়	একের বেশি

নাম	আলম্ব বিন্দু	প্রযুক্ত বল	ভার বা বাধা	শ্রেণী	যান্ত্রিক সুবিধা
কর্ক স্কুইজার	এক প্রান্তে যেখানে হাতল আটকানো থাকে	হাতলে	কর্ক	দ্বিতীয়	একের বেশি
যাঁতি	যেখানে যাঁতির দুই অংশ আটকানো	হাতলের প্রান্তে	সুপারী ইত্যাদি	দ্বিতীয় শ্রেণীর দুটি লিভার একসঙ্গে	একের বেশি
মানুষের চোয়াল	চোয়াল যেখানে আটকানো	চোয়ালের মাঝামাঝি	দাঁতের সামনের দিকে যা চিবানো হয়	তৃতীয় শ্রেণী	নেই
মাছ ধরার ছিপ	ছিপির এক প্রান্তে হাতে	ছিপের মাঝখানে হাত দিয়ে	মাছ	তৃতীয়	নেই
রুটি কাটার ছুরি	যেখানে হাত দিয়ে ধরা হয়	মাঝখানে আঙুল-দ্বারা	রুটি	তৃতীয়	নেই
মাল তোলার ক্রেন	ক্রেনের দণ্ডের এক প্রান্তে	ক্রেনের দণ্ডের মাঝখানে দড়ি দ্বারা	বস্তু যা তোলা হয়	তৃতীয়	নেই
বেলচা	হাতলের এক প্রান্তে	হাতলের মাঝখানে হাত দ্বারা	বস্তু যা তোলা হয়	তৃতীয়	নেই
চেটোতে ভর থাকা অবস্থায় মানুষের হাত	কনুই	হাতের পেশী	হাতের চেটোয় রাখা ভার	তৃতীয়	নেই
চিমটা	যেখানে চিমটার দুই পাত যুক্ত থাকে	মাঝখানে আঙুল দ্বারা	যে বস্তু ধরা হয়	তৃতীয় শ্রেণীর দু'টি লিভার একসঙ্গে কাজ করে	নেই

উদাহরণ 2·1. 100 ডাইন বল দ্বারা বলের অভিমুখে একটি প্রস্তর খণ্ডের 50 সে· মি· সরণ ঘটলে কত কার্য সম্পন্ন হয় ?

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, কার্য = বল × সরণ ।

অতএব, কৃত কার্য $= 100 \times 50 = 5000$ আর্গ ।

উদাহরণ 2·2. 10 কিলোগ্রাম ভরের একটি বস্তুকে 20 সে· মি· খাড়া উচ্চতায় তুলতে কত কার্য সম্পন্ন ক'রতে হয় ?

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে বল = বস্তুর ওজন $= 10 \times 1000 \times 981$ ডাইন।

অতএব, কৃত কার্য = বল × সরণ $= 10 \times 1000 \times 981 \times 20$

$= 19{\cdot}62 \times 10^7$ আর্গ

উদাহরণ 2·3. 100 গ্রাম ভরের একটি বুলেটকে 200 মি./সে· বেগে বন্দুক থেকে ছোড়া হ'লে বুলেটের গতিশক্তি কত হয় ?

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, গতিশক্তি $= \frac{1}{2} \times$ ভর × (বেগ)^2 ।

অতএব, বুলেটের গতিশক্তি

$= \frac{1}{2} \times 100 \times (200 \times 100)^2$, [200 মি. $= 200 \times 100$ সে· মি·]

$= 2 \times 10^{10}$ আর্গ ।

উদাহরণ 2·4. একটি লোক $\frac{1}{2}$ ঘণ্টায় 500 জুল কাজ ক'রলে তার ক্ষমতা কত ?

সমাধান ঃ কাজ = 500 জুল, সময় $= \frac{1}{2}$ ঘণ্টা $= 30 \times 60$ সেকেন্ড

$= 1800$ সেকেন্ড

অতএব ক্ষমতা $= \frac{500}{1800} = \frac{5}{18}$ জুল/সেকেন্ড $= \frac{5}{18}$ ওয়াট ।

উদাহরণ 2·5. 20 ফুট উঁচু একটি বাড়ির ছাদে একটি ট্যাঙ্কে 1000 কিগ্রা· জল আছে । জলের স্থিতিশক্তি কত ?

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, স্থিতিশক্তি = ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ × উচ্চতা ।

অতএব, এক্ষেত্রে জলের স্থিতিশক্তি $= 1000 \times 1000 \times 980 \times 20$

$= 19{\cdot}6 \times 10^9$ ফুট-পাউন্ডাল ।

উদাহরণ 2·6. এক ব্যক্তির ওজন 50 পাউন্ড । সে 10 মিনিটে 600 ফুট উপরে ওঠে । তার অশ্বক্ষমতা কত ?

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, কৃত কার্য = বল × সরণ $= 50 \times 600$ ফুট-পাউন্ড ।

কাজেই 10 মিনিটে কৃত কার্য $= 50 \times 600$ ফুট-পাউন্ড ।

সুতরাং 1 সেকেন্ডে কৃত কার্য বা ক্ষমতা $= \frac{50 \times 600}{10 \times 60} = 50$ ফুট-পাউন্ড/সে·

অতএব ব্যক্তির অশ্বক্ষমতা $= \frac{50}{550} = \frac{1}{11}$

[550 ফুট পাউন্ড/সে. = 1 অশ্বক্ষমতা]

উদাহরণ 2·7. একটি যন্ত্রের ক্ষমতা 100 ওয়াট হ'লে 3 ঘণ্টায় উহা কত কাজ করে ?

সমাধান : ক্ষমতা = 100 ওয়াট = 100 জ্বল/সেকেন্ড ।

সময় = 3 ঘণ্টা = $3 \times 60 \times 60$ সেকেন্ড ।

অতএব, কৃত কার্য = ক্ষমতা × সময়

$= 100 \times 3 \times 60 \times 60$

$= 10{\cdot}8 \times 10^5$ জ্বল ।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. 'কার্য' কথাটির অর্থ কি ? 'বলের দ্বারা কার্য' ও 'বলের বিরুদ্ধে কার্য' ব'লতে কি বোঝায় ? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর ।

2. 'কার্য' ও 'ক্ষমতা' ব'লতে কি বোঝ ? এফ. পি. এস্. ও সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহাদের ব্যবহারিক একক কি ? [Cf. M. Exam. 1978]। এই দুই পদ্ধতিতে এককগুলির মধ্যে সম্পর্ক কি ?

3. এক ব্যক্তি নদীর স্রোতের বিরুদ্ধে সাঁতার কেটে নিজেকে তীরভূমি-সাপেক্ষে স্থির রাখে। সে কি কোন কার্য করে ?

4. ক্ষমতা কাকে বলে ? ইহার একক কি ? অশ্বক্ষমতা ও ওয়াটের সম্পর্ক কি ?

5. 'শক্তি' ব'লতে কি বোঝায় ? যান্ত্রিক শক্তি কত প্রকারের হয় ? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর ।

6. একটি ঢিলকে একটি বাড়ির ছাদ থেকে প'ড়তে দেওয়া হ'ল । নিম্নলিখিত অবস্থায় ঢিলটির কি শক্তি আছে লেখ : (i) ঢিলটি ছাড়বার পূর্ব মুহূর্তে ; (ii) ঢিলটি কিছু নেমেছে কিন্তু মাটি স্পর্শ করে নি, (iii) ঢিলটি মাটি স্পর্শ করার পূর্বমুহূর্তে ; (iv) ঢিলটি মাটি স্পর্শ করার পর উহার শক্তি কি হ'ল ? [M. Exam. (Comp.) 1976]

7. শক্তি কাকে বলে ? শক্তি কয় প্রকার ? এক প্রকার শক্তিকে কি অন্য প্রকার শক্তিতে রূপান্তরিত করা সম্ভব ? শক্তি, ক্ষমতা ও কার্যের পার্থক্য কি ?

8. 'সাধারণ যন্ত্র' ব'লতে কি বোঝায় ? নততলের কার্যপ্রাণালী উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর ।

9. লিভার কাকে বলে ? ইহা কয় শ্রেণীর ? প্রত্যেক শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উদাহরণ দাও। প্রত্যেক শ্রেণীর যান্ত্রিক সুবিধা ও বেগ অনুপাত আলোচনা কর ।

10. 'যান্ত্রিক সুবিধা' ব'লতে কি বোঝায় ? লিভারের যান্ত্রিক সুবিধার পরিমাণ উল্লেখ কর । কি অবস্থায় তৃতীয় শ্রেণীর লিভার ব্যবহার করা সুবিধাজনক ?

11. দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার বর্ণনা কর। ইহার যান্ত্রিক সুবিধা কিরূপ হয় ? [M. Exam. 1977, '78, '79, '82]

12. নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির কোন্‌টি কোন্‌ শ্রেণীর লিভার লিখ ।
মানুষের হাত, সাধারণ তুলা, কাঁচি, নৌকার দাঁড় । [M. Exam. 1977]

13. কোন্ শ্রেণীর লিভারে সব সময়েই যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যায়? কোন্ শ্রেণীর লিভারে সব সময়েই যান্ত্রিক সুবিধা একের চেয়ে কম হয়?

14. নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(i) পাহাড়ে ওঠার পথ সোজা না ক'রে আঁকাবাঁকা করা হয় কেন?

(ii) কাঁচি ও সুপারি কাটার যন্ত্র (nut cracker)—ইহাদের কোন্‌টি কোন্ শ্রেণীর লিভার বল। [M. Exam. 1978, '79]

(iii) স্টীম এঞ্জিনে তাপ শক্তি অন্য কোন্ ধরনের শক্তিতে রূপান্তরিত হয়? এই তাপ শক্তিই বা কোন্ শক্তির থেকে রূপান্তরিত হ'য়ে আসে? [M. Exam. (Comp.) 1976]

(iv) বিদ্যুৎশক্তি আমরা যখন কাজে লাগাই তখন উহা অপর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহা দেখাবার জন্য দু'টি উদাহরণ দাও। [M. Exam. (Comp.) 1976]

(v) দাঁড় টানাটানি প্রতিযোগিতায় দুর্বল দল শক্তিশালী দলের নিকট ধীরে ধীরে পরাজিত হয়। কোন্ দল কার্য করে?

15. শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার একক — এবং কার্যের একক —।

(ii) বাধা ও চেষ্টার অনুপাতকে — বলে।

(iii) যন্ত্র যে প্রতিরোধকে জয় করে তাকে বলে —।

16. সঠিক উত্তরের উপর '√' চিহ্ন দাও :—

(a) কাজ করার হারকে — বলে। [স্থিতিশক্তি, গতিশক্তি, ক্ষমতা]

(b) প্রথম শ্রেণীর লিভারে আলম্ব বিন্দু দণ্ডের — অবস্থিত [একপ্রান্তে, মধ্যস্থলে]

(c) দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারের উদাহরণ— [শাবল, নৌকার দাঁড়, মানুষের হাত]

(d) 'হর্স পাওয়ার'—একক [শক্তির, কার্যের, ক্ষমতার]

(e) কাজ করার সামর্থ্যকে—বলে [ক্ষমতা, শক্তি, গতিশক্তি]

17. 'হ্যাঁ' কি 'না' বল :—

(i) প্রযুক্ত বলের প্রভাবে বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টি হ'লে বলা হয় বল কাজ ক'রেছে।

(ii) একটি বিশেষ অবস্থায় কোন বস্তু মোট যত কাজ করে তাই উহার শক্তির পরিমাণ।

(iii) কৃত কার্য, প্রযুক্ত বল ও বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণের গুণফলের সমান।

(iv) সকল প্রকার লিভারই সমান সুবিধাজনক।

(v) যন্ত্রে যে বল প্রয়োগ করা হয় তাকে বাধা বলে।

(vi) তৃতীয় শ্রেণীর লিভারে সব সময় যান্ত্রিক সুবিধা পাওয়া যায়।

(vii) দোদুল্যমান দোলকের শক্তি গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তির সংমিশ্রণ।

18. এক টুকরো পাথরকে বাড়ির ছাদ থেকে নীচে ফেলে দেওয়া হ'ল। কিছুটা নামার পর পাথরটির কি কি প্রকার শক্তি থাকবে? মাটিতে প'ড়ে যাবার পর শক্তির কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে? [M. Exam. 1982]

19. শক্তি কাকে বলে? গতিশক্তির একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1980]

20. কার্য ব'লতে কি বোঝ ? 'বলের দ্বারা কার্য' এবং 'বলের বিরুদ্ধে কার্য' এই দুই এর পার্থক্য উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1980]

21. কার্য ও ক্ষমতার সংজ্ঞা লেখ। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহাদের ব্যবহারিক একক কি কি ? [M. Exam. 1978]

22. প্রথম শ্রেণীর লিভার বর্ণনা কর। ইহার যান্ত্রিক সুবিধা কিরূপ হয় ? [M. Exam. 1983]

গাণিতিক প্রশ্ন :

23. 50 ft. গভীর একটি কুয়া থেকে 100 পাউন্ড জল তুলতে কত কাজ ক'রতে হয় ? মহাকর্ষীয় ও পরম এককে উত্তর নির্ণয় কর। [5000 ft. lb ; 160 000 ft.-poundals]

24. এক ব্যক্তি ঘণ্টায় 3600 জুল কার্য করে। ঐ ব্যক্তির ক্ষমতা কত ? [1 ওয়াট]

25. কোন যন্ত্রের ক্ষমতা 50 কিলোওয়াট। ইহা প্রতি মিনিটে কি পরিমাণ কার্য করে ? [3×10^6 জুল]

26. 150 পাউন্ড ভর বিশিষ্ট এক ব্যক্তি 5 মিনিটে 300 ফুট উঁচু মিনারে উঠতে পারে। ঐ ব্যক্তির ক্ষমতা 'হর্স পাওয়ার' এককে নির্ণয় কর। [0·273 H. P. (প্রায়)]

27. 10 গ্রাম ভরের একটি বস্তু 100 m/sec বেগে চ'ললে ইহার গতি শক্তি কত হবে ? [50 জুল]

28. 25 ফুট উঁচু একটি বাড়ির ছাদে অবস্থিত জলের ট্যাঙ্কে 1000 পাউন্ড জল আছে। ঐ জলের স্থিতিশক্তি কত ? [25×10^3 ফুট-পাউন্ড]

29. 10 কিলোগ্রাম ভরের একটি বস্তুকে 10 সেকেন্ডে 100 মিটার উচ্চতায় তোলা হ'ল। ইহার জন্য কি পরিমাণ কার্য করা হয় ? বস্তুটির স্থিতি শক্তি কত হয় ? যে বস্তুটিকে তোলে তার ক্ষমতা কত ? [9800 জুল, 980 ওয়াট]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) এম্. কে. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে কার্যের একক কি ? (ii) আর্গ ও জুলের সম্পর্ক কি ? (iii) ক্ষমতা কাকে বলে ? (iv) অশ্বক্ষমতা কাকে বলে ? (v) স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তি বলতে কি বোঝায় ? (vi) উদাহরণের সাহায্যে বোঝাও কিভাবে স্থিতিশক্তিকে গতিশক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। (vii) যান্ত্রিক সুবিধা কাকে বলে ? (viii) প্রথম ও দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারের একটি ক'রে উদাহরণ দাও। (ix) তৃতীয় শ্রেণীর লিভারে যান্ত্রিক সুবিধার মান 1 এর চেয়ে বেশি না কম ?

তাপ
(Heat)

3·1. তাপের স্বরূপ (Nature of heat) ঃ

রোদ্রে বা আগুনের সামনে দাঁড়ালে আমরা গরম অনুভব করি। আবার হাতে একখণ্ড বরফ রাখলে আমরা ঠাণ্ডা অনুভব করি। এই গরম বা ঠাণ্ডার অনুভূতিকেই উষ্ণতার মাত্রা হিসেবে ধরা হয়। কারণ, এই অনুভূতির দ্বারাই ফুটন্ত জলকে স্বাভাবিক জলের চেয়ে গরম বোধ হয়।

● **সংজ্ঞা ঃ** যার প্রভাবে অর্থাৎ যার হ্রাস-বৃদ্ধির জন্য একই বস্তুর উষ্ণতার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে তাকে **তাপ** (*heat*) বলে। তাপের অস্তিত্ব কোন বস্তুর মাধ্যমে প্রকাশ পায়।

তাপের স্বরূপ কি? তাপ শক্তিরই এক বিশেষ রূপ। এই শক্তি পদার্থের অণুর গতিশক্তি থেকে উৎপন্ন হয়। অণুর গতির হ্রাস-বৃদ্ধির জন্যই পদার্থের উষ্ণতার মাত্রার হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে। কোন পদার্থে তাপশক্তি প্রযুক্ত হ'লে ইহার অণুগুলির গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। অণুর মোট গতিশক্তির পরিমাপই মোট তাপের পরিমাপ। এই তত্ত্বকে তাপের **গতীয় মতবাদ** (*dynamic theory*) বলে। উষ্ণ বস্তুকে স্পর্শ ক'রলে ঐ **বস্তুর কম্পনশীল অণুগুলির আঘাতের দরুন যে অনুভূতির সৃষ্টি হয় তাই তাপের অনুভূতি।**

সূর্য থেকে অফুরন্ত শক্তি নিরন্তর চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। এই শক্তির একটি নগণ্য অংশ পৃথিবীতে পেঁছায়। এখন প্রশ্ন হ'ল, এই শক্তি মহাশূন্যের ভিতর দিয়ে কিভাবে পৃথিবীতে পেঁছায়? এই প্রশ্নের সমাধানের জন্য বিজ্ঞানীরা এই শক্তিকে এক ভারহীন, ইন্দ্রিয়াতীত সর্বব্যাপী ইথার (ether) মাধ্যমে তরঙ্গ প্রবাহরূপে কল্পনা করেন। এই তরঙ্গ যখন কোন বস্তুকে আঘাত করে তখন ঐ বস্তুর অণু-পরমাণুগুলি চঞ্চল হ'য়ে পড়ে অর্থাৎ গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। অণু-পরমাণুর চাঞ্চল্যের জন্য উত্তপ্ত পদার্থ পুনরায় চারদিকে তাপ তরঙ্গ প্রেরণ করে। কাজেই বোঝা যায় যে, সৌর শক্তি প্রথমে অণু-পরমাণুর গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং এই গতিশক্তি পুনরায় তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

জেনে রাখবে যে, একটি বস্তুতে তাপ হ্রাস পেয়েছে ও অপর বস্তুতে তাপ বৃদ্ধি পেয়েছে এইরূপ বলা ভুল। কোন বস্তুর অণুগুলির গতি ও উহাদের পারমাণবিক আকর্ষণের জন্য যে পরিমাণ শক্তি থাকে তাকে কখনই তাপ শক্তি বলা হয় না—উহাকে আভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। প্রকৃতপক্ষে এই আভ্যন্তরীণ শক্তিরই হ্রাস বৃদ্ধি হয়। মনে রাখবে যে, **তাপশক্তি সংক্রামিত শক্তি** (heat is only energy in transit)। আভ্যন্তরীণ শক্তির যে অংশ অন্য বস্তুতে চালিত হ'য়ে কোন কার্য করে বা অন্য একটি বস্তুর আভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন করে তাকেই তাপ বলা হয়। শক্তি চালিত না হ'লে 'তাপ' কথাটির কোন অর্থ থাকে না।

একটা কথা মনে রাখতে হবে যে, প্রত্যেক বস্তুতেই তাপশক্তি আছে। ফুটন্ত জলকে স্বাভাবিক জলের চেয়ে বেশি গরম বোধ হয়। কারণ, ফুটন্ত জলে বেশি তাপ থাকে। জলের তুলনায় বরফকে ঠাণ্ডা বোধ হয় তার কারণ, বরফের চেয়ে জলে তাপের পরিমাণ বেশি। আবার তরল বায়ুকে বরফের উপর রাখলে উহা ফুটতে থাকে। কারণ, বরফ থেকে তাপ তরল বায়ুতে যায়। কাজেই বোঝা যায় যে, সব পদার্থে তাপ বর্তমান। তবে এই তাপের পরিমাণ বিভিন্ন পদার্থে বিভিন্ন। মনে রাখবে যে, বেশি উষ্ণ পদার্থ থেকে কম উষ্ণ পদার্থে তাপ স্বাভাবিক নিয়মেই প্রবাহিত হয়।

● **বিভিন্ন ধরনের তাপ (Different kinds of heat) :**

তাপ সাধারণত তিন ধরনের ; যেমন—(i) **বোধগম্য তাপ** (sensible heat), (ii) **লীন তাপ** (latent heat) ও (iii) **বিকীর্ণ তাপ** (radiant heat)।

● **বোধগম্য তাপ :** যে তাপের প্রভাবে কোন বস্তুর উষ্ণতার পরিবর্তন হয় তাকে বোধগম্য তাপ বলে। এই তাপের দরুন বস্তুর উষ্ণতার পরিবর্তন থার্মোমিটারের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

● **লীন তাপ :** যে তাপের প্রভাবে কোন বস্তুর উষ্ণতা পরিবর্তিত না হ'য়ে উহার অবস্থার পরিবর্তন ঘটে—অর্থাৎ কঠিন পদার্থ তরলে এবং তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয় তাকে লীন তাপ বলে। যেমন বরফ গলনের লীন তাপ, স্টীমের লীন তাপ ইত্যাদি। থার্মোমিটারের সাহায্যে এই তাপের অস্তিত্ব বোঝা যায় না।

● **বিকীর্ণ তাপ :** কোন উৎস (যেমন সূর্য) থেকে যে তাপ কোন মাধ্যম ছাড়াই বিকিরণ পদ্ধতিতে আমাদের কাছে আসে তাকে বিকীর্ণ তাপ বলে। এই তাপের সহিত আলোকের সাদৃশ্য আছে।

● **তাপের উৎস (Sources of heat) :** (1) তাপের প্রধান ও মূল উৎস সূর্য। সব তাপশক্তিই প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে সূর্য থেকে পাওয়া যায়। (ii) তাপের আর একটি উৎস পৃথিবীর কেন্দ্রস্থল, যেখানে প্রচুর পরিমাণে তাপ বর্তমান। (iii) তাপের অপর একটি উৎস দহনাদি রাসায়নিক ক্রিয়া। (iv) তাপের চতুর্থ উৎস তড়িৎশক্তি। কোন তারে তড়িৎ প্রবাহিত হ'লে ইহা উত্তপ্ত হয়। (v) তাপের পঞ্চম উৎস ঘর্ষণ ইত্যাদি বাহ্যিক ক্রিয়া। ঘর্ষণের দরুন তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয়। যন্ত্রপাতি শান দেবার সময় এত গরম হ'য়ে ওঠে যে, আগুনের ফুলকি নির্গত হয়।

3·2. উষ্ণতা (Temperature) :

সাধারণভাবে বলা যায় যে, কোন বস্তু কতটা গরম তার পরিমাণই উষ্ণতা। যেমন দুই বস্তুর একটিকে যদি অপরটির চেয়ে বেশি গরম ব'লে মনে হয় তাহ'লে প্রথম বস্তুর উষ্ণতা দ্বিতীয় বস্তুর তুলনায় বেশি বলা হয়।

● **সংজ্ঞা : উষ্ণতা বস্তুর এমন এক তাপীয় অবস্থা যা ব'লে দেয় যে, ঐ বস্তুকে অপর একটি বস্তুর সঙ্গে তাপীয় সংযোগ ঘটালে ঐ বস্তু অপর বস্তুকে তাপ দেবে না অপর বস্তু থেকে তাপ নেবে।**

যেমন, একটি উত্তপ্ত ধাতব বলকে কিছু পরিমাণ ঠাণ্ডা জলে রাখলে কিছুক্ষণ পরে বল অনেকটা ঠাণ্ডা হয় ও জল কিছুটা গরম হয়। কারণ বল থেকে কিছু তাপ জলে চ'লে যায়। সুতরাং বোঝা যায় যে, এক বস্তু থেকে অপর বস্তুতে তাপ যাওয়া নির্ভর করে ঐ বস্তুদ্বয়ের উষ্ণতা পার্থক্যের উপর।

আবার মনে করি, A বস্তু B বস্তুর চেয়ে গরম। এই বস্তুদ্বয়কে একসঙ্গে স্পর্শ করিয়ে রাখলে ইহাদের উষ্ণতা সমান হয়। তখন বলা হয়—'বস্তু দুটি **তাপ সাম্য অবস্থায়** (*thermal equilibrium*) আছে। এই কারণে বলা যায়, **উষ্ণতা বস্তুর এমন এক ধর্ম যে, কয়েকটি বস্তুকে পরস্পরের সঙ্গে স্পর্শ করিয়ে রেখে দিলে অবশেষে প্রতিটি বস্তুর বেলায় ইহার মান সমান হয়।**

আমরা জানি যে, অবস্থার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোন বস্তুকে তাপ দিলে বস্তুর উষ্ণতার পরিবর্তন হয়। সুতরাং বোঝা যায় যে, তাপ **কারণ** ও উষ্ণতা ইহার **ফল**।

● **তাপ ও উষ্ণতার পার্থক্য (Distinction between heat and temperature)** :

(i) কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ ক'রলে ইহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। কাজেই তাপ কারণ, আর উষ্ণতা ইহার ফল।

(ii) তাপ একপ্রকার শক্তি, আর উষ্ণতা বস্তুর তাপীয় অবস্থা।

(iii) দু'টি বস্তু একই উষ্ণতায় থাকলেও ইহাদের তাপের পরিমাণ বিভিন্ন হ'তে পারে। যেমন, এক গামলা গরম জল থেকে এক চামচ জল নিলে গামলার জল ও চামচের জলের উষ্ণতা সমান, কিন্তু ইহাদের তাপের পরিমাণ আলাদা।

(iv) তাপ-প্রবাহের অভিমুখ উষ্ণতা পার্থক্যের উপর নির্ভর করে। একটি ছোট লোহিত তপ্ত বলকে ঈষদুষ্ণ জলভর্তি একটি গামলায় রাখলে বল থেকে তাপ জলে প্রবাহিত হয়—যদিও গামলার জলে তাপের পরিমাণ বেশি, আর বলে তাপের পরিমাণ কম। কয়েকটি বস্তু একই উষ্ণতায় থাকলে ইহাদের মধ্যে তাপ বিনিময় ঘটে না। কোন পদার্থের **মোট তাপ** ইহার **ভর ও উষ্ণতার** উপর নির্ভর করে।

(v) তরল প্রবাহে তরল তলের উচ্চতা, বায়ুপ্রবাহে চাপ ও তড়িৎপ্রবাহে বিভবের সহিত উষ্ণতার তুলনা করা যায়। যেমন, তরল তলের উচ্চতার পার্থক্য থাকলে তরল প্রবাহিত হয়, চাপ পার্থক্য থাকলে বায়ু প্রবাহিত হয় এবং বিভব পার্থক্য থাকলে তড়িৎ প্রবাহিত হয়—তেমনি উষ্ণতার পার্থক্য থাকলে তাপ প্রবাহিত হয়।

3·3. জড়পদার্থের উপর তাপের প্রভাব (Effects of heat on matter) :

কোন পদার্থকে যথেষ্ট তাপ দিলে বা ঠাণ্ডা ক'রলে যে বিভিন্ন পরিবর্তন হয় তার মধ্যে নীচের পরিবর্তনগুলি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

(i) **উষ্ণতার পরিবর্তন :** কোন বস্তুকে তাপ দিলে ইহা উত্তপ্ত হয়। আবার কোন বস্তু থেকে তাপ অপসারণ ক'রলে ইহা ঠাণ্ডা হয়। যেমন, জলকে তাপ দিলে ইহা উত্তপ্ত হয়। আবার জল থেকে তাপ অপসারণ ক'রলে ইহা ঠাণ্ডা হয়।

(ii) **আয়তন পরিবর্তন :** সাধারণত দেখা যায় যে, বস্তুকে তাপ দিলে ইহার আয়তন বাড়ে এবং বস্তু থেকে তাপ অপসারণ ক'রলে ইহার আয়তন কমে। কিন্তু শূন্য থেকে চার ডিগ্রি সেলসিয়াস উষ্ণতা পর্যন্ত জলের আয়তন কমে।

(iii) **অবস্থার পরিবর্তন :** সাধারণত কোন কঠিন বস্তুকে ক্রমাগত তাপ দিলে ইহা তরলে পরিণত হয়। আবার ঐ তরলকে তাপ দিলে ইহা বাষ্পে পরিণত হয়। যেমন, একখণ্ড বরফকে তাপ দিলে ইহা জলে পরিণত হয়। আবার এই জলকে তাপ দিলে ইহা বাষ্পে পরিণত হয়। বিপরীতভাবে, বাষ্পকে ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা হ'লে ইহা প্রথমে তরল পদার্থে ও পরে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

(iv) **ভৌত ধর্মের পরিবর্তন :** তাপ প্রয়োগে সব বস্তুরই ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে। যেমন, তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্ম (elasticity); তরলের পৃষ্ঠটান (surface tension) ও দ্রবীভূত করার ক্ষমতা; ধাতুর তাপ, বিদ্যুৎশক্তি পরিবহন ক্ষমতা ইত্যাদি পরিবর্তিত হয়।

(v) **রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন :** তাপ দিলে অনেক ক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তন হয়। যেমন, তাপ প্রয়োগে কয়লা ছাইয়ে পরিণত হয়।

(vi) **তড়িৎশক্তির উৎপত্তি :** দুই বিভিন্ন ধাতব দুটি তারকে যুক্ত ক'রে একটি বর্তনী গঠন ক'রে তারদ্বয়ের এক সংযোগস্থলকে উত্তপ্ত ক'রলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

(vii) **আলোকের উৎপত্তি :** অতিরিক্ত তাপ দিলে বস্তু থেকে আলোক বিচ্ছুরিত হয়। দাহ্য পদার্থে তাপ দিলে আলোক উৎপন্ন হয়।

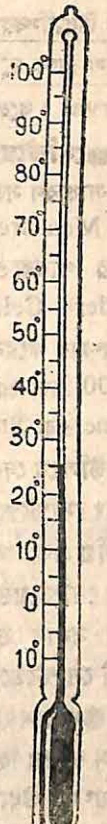
(vii) **দহন ও প্রাণ নাশ :** তাপের দহন শক্তি আছে। কয়লা, কেরোসিন, কাগজ ইত্যাদি বস্তুকে তাপ দিলে ইহারা জ্বলে ওঠে। আবার অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগের ফলে প্রাণীর মৃত্যু ঘটে।

3·4. উষ্ণতার পরিমাপ (Measurement of temperature) :

সাধারণত স্পর্শানুভূতির সাহায্যে আমরা কোন বস্তু গরম কি ঠাণ্ডা বুঝতে পারি। কিন্তু এইরূপ অনুভূতির সাহায্যে কোন বস্তুর উষ্ণতা সঠিকভাবে বলা যায় না। শুধুমাত্র কোন বস্তুর আপেক্ষিক উষ্ণতা বোঝা যায়। আবার অনেকক্ষেত্রে আপেক্ষিক উষ্ণতাও বোঝা যায় না। এক হাত গরম জলে এবং অন্য হাত ঠাণ্ডা জলে ডুবিয়ে যদি দুই হাত ঈষদুষ্ণ জলে ডোবানো যায় তাহ'লে গরম হাত ঠাণ্ডা ও ঠাণ্ডা হাত গরম ব'লে মনে হয়। আবার এক টুকরো লোহা ও একখণ্ড কাঠকে বাইরের হিমে অনেকক্ষণ রেখে দিয়ে স্পর্শ ক'রলে লোহার খণ্ডকে বেশি ঠাণ্ডা ব'লে মনে হয়। এক্ষেত্রে লোহার টুকরো ও কাঠের খণ্ড একই উষ্ণতায় থাকলেও কেবলমাত্র স্পর্শানুভূতির সাহায্যে তা নির্ণয় করা সম্ভব নয়। স্পর্শানুভূতি শুধুমাত্র পদার্থের উষ্ণতার উপর নির্ভর করে না, ইহা পদার্থের তাপ পরিবহন ক্ষমতার উপরও নির্ভর করে। তাই স্পর্শানুভূতির সাহায্যে উষ্ণতা মাপা যায় না। উষ্ণতা পরিবর্তনের দরুন কোন বস্তুর ভৌতধর্মের পরিবর্তন ঘটলে সেই পরিবর্তন দ্বারা উষ্ণতা মাপা যেতে পারে।

যে যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর উষ্ণতা মাপা যায় তাকে **থার্মোমিটার** (*thermometer*) বলে। অনেক ধরনের থার্মোমিটার আছে। যেমন—পারদ থার্মোমিটার, গ্যাস থার্মোমিটার, প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার ইত্যাদি।

● **পারদ থার্মোমিটার ঃ** অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই থার্মোমিটার (চিত্র 67) ব্যবহৃত হ'তে দেখা যায়। ইহা সর্বত্র সমান ব্যাসের সূক্ষ্ম রন্ধ্রবিশিষ্ট একটি শক্ত কাচ নল। এই কাচ নলের এক প্রান্তে একটি চোঙাকৃতি কুণ্ড আছে এবং অপর প্রান্ত বন্ধ। কুণ্ড ও রন্ধ্রের কিছুটা অংশ পারদ পূর্ণ। কাচনলের গায়ে উষ্ণতার স্কেল কাটা থাকে। থার্মোমিটার কুণ্ডকে কোন বস্তুর সংস্পর্শে রাখলে পারদ আয়তনে বেড়ে যায় এবং একটি দাগে পৌঁছায়। এই দাগের মানই বস্তুর উষ্ণতা।



চিত্র 67

সর্বোচ্চ দাগের পর থার্মোমিটার রন্ধ্রের শেষে একটি নিরাপত্তামূলক ছোট কুণ্ড আছে (চিত্র 67)। থার্মোমিটার কুণ্ডকে অতিরিক্ত উত্তপ্ত করা হ'লে পারদ সূত্র সর্বোচ্চ দাগ ছাড়িয়ে যায় এবং পারদ ঐ নিরাপত্তামূলক কুণ্ডে জমা হয়। কুণ্ডটি না থাকলে পারদ চাপে থার্মোমিটার ভেঙ্গে যেতে পারে।

● **পারদ ব্যবহারের সুবিধা ঃ** থার্মোমিটারে অন্যান্য তরলের চেয়ে পারদ ব্যবহারের কতকগুলি সুবিধা আছে। যেমন,

(i) উষ্ণতা পরিবর্তনের সহিত পারদের আয়তন পরিবর্তন নিয়মিত (regular)।

(ii) পারদ প্রায় 350°C উষ্ণতায় ফোটে এবং −39°C উষ্ণতায় জমে যায়। কাজেই এই বিস্তীর্ণ উষ্ণতা পরিসরে পারদ তরল অবস্থায় থাকে এবং ইহার মধ্যস্থিত যে কোন উষ্ণতা মাপা যায়।

(iii) নির্দিষ্ট উষ্ণতা পার্থক্যের দরুন পারদের আয়তন বৃদ্ধি যথেষ্ট হয়। কাজেই, পারদ থার্মোমিটার দ্বারা সূক্ষ্মভাবে উষ্ণতা মাপা যায়।

(iv) কোন বস্তুর উষ্ণতা লাভ ক'রতে পারদ অন্যান্য তরলের তুলনায় ঐ বস্তু থেকে কম তাপ নেয়। ইহার দরুন বস্তুর উষ্ণতার বিশেষ পরিবর্তন হয় না। তাই বলা যেতে পারে যে, এই থার্মোমিটার দ্বারা বস্তুর প্রকৃত উষ্ণতাই পাওয়া যায়।

(v) পারদ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(vi) বিশুদ্ধ পারদ কাচনলের গায়ে আটকায় না।

(vii) পারদ অস্বচ্ছ ও চকচকে হওয়ায় কাচের মধ্য দিয়ে ইহাকে স্পষ্ট দেখা যায়।

উষ্ণতা প্রকাশের জন্য সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট (Celsius and Fahrenheit) নামে দুটি স্কেল ব্যবহৃত হয়। উভয় স্কেলেই উষ্ণতাকে ডিগ্রিতে (degree) প্রকাশ করা হয়। সেলসিয়াস স্কেলের পাঠকে °C ও ফারেনহাইট স্কেলের পাঠকে °F লেখা হয়।

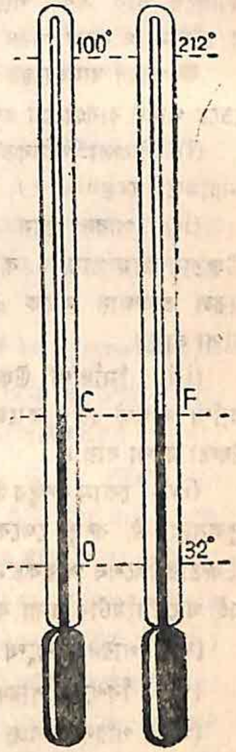
উষ্ণতা মাপার প্রত্যেক স্কেলে দুই নির্দিষ্ট উষ্ণতার (একটি নিম্ন স্থিরাঙ্ক ও অপরটি ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক) ব্যবধানকে নির্দিষ্ট সংখ্যক ভাগে বিভক্ত করা হয়। এই দুই নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে **থার্মোমিটার স্থিরাঙ্ক** বলে।

● নিম্নস্থিরাঙ্ক : যে উষ্ণতায় প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বিশুদ্ধ বরফ গলে তাকে নিম্নস্থিরাঙ্ক বলে।

● ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক : যে উষ্ণতায় প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বিশুদ্ধ জল ফোটে তাকে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক বলে।

স্থিরাঙ্ক দুটির মধ্যবর্তী উষ্ণতার ব্যবধানকে **প্রাথমিক অন্তর** (fundamental interval) বলে।

●সেন্টিগ্রেড স্কেল অথবা সেলসিয়াস স্কেল : ওজন ও বিভিন্ন পরিমাপ বিষয়ক নবম সাধারণ সভা (1948) (The Ninth General Conference on Weights and Measures, 1948) ঠিক করেন যে Anders Celsius এর সম্মানে সেন্টিগ্রেড নামের পরিবর্তে সেলসিয়াস কথাটি ব্যবহার করা হবে। Anders Celsius 1742 খ্রীষ্টাব্দে একটি স্কেল আবিষ্কার করেন যাতে নিম্নস্থিরাঙ্ক ছিল জলের স্ফুটনাঙ্ক ও 100 ছিল বরফের গলনাঙ্ক। ইহার এক বছর পরে Linne এবং Stromer নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্কের মান উল্টিয়ে দেন ও সেন্টিগ্রেড স্কেল প্রবর্তন করেন। অর্থাৎ সেন্টিগ্রেড স্কেলে জলের হিমাঙ্ককে (নিম্নস্থিরাঙ্ক) 0 ডিগ্রি এবং জলের স্ফুটনাঙ্ককে (ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক) 100 ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড ধ'রে এই দুই নির্দিষ্ট উষ্ণতার ব্যবধানকে একশ সমান ভাগে ভাগ করা হয় ও প্রতিটি ভাগকে এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের সমান ধরা হয় (চিত্র 68)।



চিত্র 68

●ফারেনহাইট স্কেল (Fahrenheit Scale) : এই স্কেলে জলের হিমাঙ্ক (নিম্নস্থিরাঙ্ক) 32° ফারেনহাইট ও স্ফুটনাঙ্ক (ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক) 212° ফারেনহাইট ধ'রে এই দুই নির্দিষ্ট উষ্ণতার ব্যবধানকে 180 টি সমান ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রতি ভাগকে এক ডিগ্রি ফারেনহাইটের সমান ধরা হয়।

●সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট উষ্ণতার সম্পর্ক : আমরা জানি যে, 100টি সেলসিয়াস ডিগ্রি = 180টি ফারেনহাইট ডিগ্রি। অর্থাৎ 1টি সেলসিয়াস ডিগ্রি $= \frac{180}{100} = \frac{9}{5}$ টি ফারেনহাইট ডিগ্রি। এখন মনে করি, একটি উষ্ণতার পাঠ সেলসিয়াস স্কেলে C (চিত্র 68)। তাহ'লে ফারেনহাইট স্কেলে ঐ উষ্ণতার পাঠ কত হবে ?

পাঠ C হ'ল 0°C অর্থাৎ জলের হিমাঙ্ক থেকে C ডিগ্রি সেলসিয়াস অর্থাৎ $\frac{9}{5} \times$ C ডিগ্রি ফারেনহাইট বেশি। আবার ফারেনহাইট স্কেলে জলের হিমাঙ্ক 32 ডিগ্রি ফারেনহাইট ॥

অতএব, C ডিগ্রি সেলসিয়াস $=(32+\frac{9}{5}\times C)$ ডিগ্রি ফারেনহাইট। মনে করা যাক, ফারেনহাইট স্কেলে ঐ উষ্ণতার পাঠ F। তাহ'লে $(32+\frac{9}{5}\times C)$ ডিগ্রি ফারেনহাইট = F ডিগ্রি ফারেনহাইট।

অর্থাৎ $32+\frac{9}{5}\times C=F$

বা, $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$

অর্থাৎ $\frac{\text{সেন্টিগ্রেড পাঠ}}{5}=\frac{\text{ফারেনহাইট পাঠ}-32}{9}$

উদাহরণ 3·1. মানব দেহের স্বাভাবিক উষ্ণতা 98·4°F। সেলসিয়াস স্কেলে ঐ উষ্ণতার মান কত ?

সমাধান : $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$ সম্পর্কে $F=98{\cdot}4$ বসালে

$\frac{C}{5}=\frac{98{\cdot}4-32}{9}=\frac{66{\cdot}4}{9}$, বা, $C=36{\cdot}9°C$ (প্রায়)

উদাহরণ 3·2. 10°C উষ্ণতা ফারেনহাইট স্কেলে কত হয় ?

সমাধান : এক্ষেত্রে, $\frac{10}{5}=\frac{\text{ফারেনহাইট উষ্ণতা}-32}{9}$

কাজেই, ফারেনহাইট উষ্ণতা $=\frac{10}{5}\times 9+32=50°F$

বা ফারেনহাইট স্কেলে ঐ উষ্ণতা 50°F।

উদাহরণ 3·3. কোন একদিনের সর্বনিম্ন উষ্ণতা 41°F ; সেলসিয়াস স্কেলে ঐ উষ্ণতার পাঠ কত হয় ?

সমাধান : $F=41°F$; আমরা জানি যে, $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$।

অতএব, $\frac{C}{5}=\frac{41-32}{9}=1$

অর্থাৎ $C=5$। সুতরাং সেলসিয়াস স্কেলে ঐ উষ্ণতা 5°C।

উদাহরণ 3·4. কোন্ উষ্ণতা ফারেনহাইট ও সেলসিয়াস স্কেলে সমান হয় ?

সমাধান : মনে করি, প্রয়োজনীয় উষ্ণতা $=x$

কাজেই, $C=F=x$। আমরা জানি যে,

$\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$

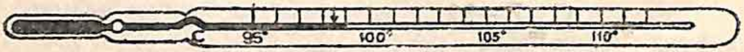
অতএব, $\frac{x}{5}=\frac{x-32}{9}$

অথবা, $9x=5x-160$; অথবা, $4x=-160$

অতএব, $x=-40$।

● **ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার (Clinical thermometer) :** মানবদেহের উষ্ণতা (জ্বর) জানার জন্য এই ফারেনহাইট থার্মোমিটার (চিত্র 69) ব্যবহার করা হয়। ইহাতে 95° থেকে 110° ফারেনহাইট পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে ; কেননা মানবদেহের উষ্ণতা এই পরিসরে ওঠা নামা করে। 98·4° ফারেনহাইটের কাছাকাছি একটি দাগ (↓) দেওয়া থাকে। ইহা সুস্থ দেহের স্বাভাবিক উষ্ণতা। এই থার্মোমিটারের

কুন্ডের কাছে রন্ধ্র সংকুচিত ও সামান্য বাঁকা থাকে। ইহার দরুন মানবদেহের উষ্ণতা অনুযায়ী পারদ সংকুচিত স্থান দিয়ে আয়তন বেড়ে অগ্রসর হয়, কিন্তু দেহের বাইরে থার্মোমিটার আনলে পারদ ঐ সংকুচিত স্থান দিয়ে কুণ্ডে ফিরতে পারে না। কাজেই



চিত্র 69

উষ্ণতার পাঠ নেওয়া সহজ হয়। পুনরায় ব্যবহার করার জন্য থার্মোমিটারকে ঝাঁকুনি দিয়ে পারদকে কুণ্ডে ফিরিয়ে আনতে হয়।

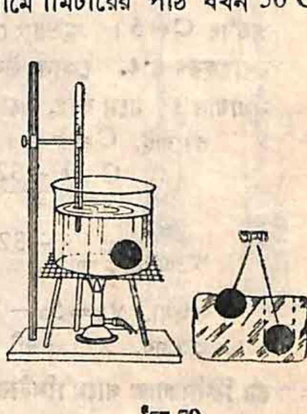
এই থার্মোমিটারকে ফুটন্ত জলে ডোবানো উচিত নয়, কেননা, ফুটন্ত জলের উষ্ণতা 110° ফারেনহাইটের অনেক বেশি। ইহাকে ফুটন্ত জলে ডোবালে প্রসারিত পারদ থার্মোমিটারের নলে এত বেশি চাপ দেয় যে ইহা ভেঙ্গে যেতে পারে।

3·5. তাপের পরিমাণ-নির্ধারক বিষয়সমূহ (Factors determining the quantities of heat) :

তাপের স্বরূপ সম্পর্কে আমরা আলোচনা ক'রেছি। আমরা জেনেছি যে, তাপ এক প্রকার শক্তি। ইহার পরিমাপ সম্ভব। সব পদার্থেই উষ্ণতার সহিত তাপশক্তি অন্তর্নিহিত থাকে। অবস্থার পরিবর্তন না ঘটলে কোন বস্তুতে তাপের পরিমাণ ইহার উষ্ণতা, ভর ও ইহার পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

● **পরীক্ষা** :

●**উষ্ণতার উপর** : একটি জলপূর্ণ বীকারে একটি তামার বল ডোবানো হয়। তারপর ঐ জলে একটি থার্মোমিটার ডোবানো হয় (চিত্র 70)। এরপর বার্নারের সাহায্যে বীকারের জল গরম করা হয়। মনে করি, থার্মোমিটারের পাঠ যখন 50°C তখন বীকার থেকে বলকে একটি চিমটার সাহায্যে জল থেকে তুলে খুব তাড়াতাড়ি একখণ্ড মোমের উপর রাখা হয়। তামার বল মোম গলিয়ে আপন ভারে কিছুটা মোমের ভিতর ঢুকে যায়। তারপর ঐ বলকে পুনরায় বীকারের জলে রেখে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় ও তাড়াতাড়ি জল থেকে তুলে মোমখণ্ডের উপর রাখা হয়। এবার মোমের ভিতর দ্বিগুণ দূরত্ব গিয়ে বল থেমে যায়। অর্থাৎ উষ্ণতা দ্বিগুণ হওয়ায় বলের মধ্যে দ্বিগুণ তাপ সঞ্চিত হয়। কাজেই, বস্তুর প্রকৃতি ও ভর নির্দিষ্ট থাকলে বস্তুর তাপ ও উষ্ণতা পরস্পর সমানুপাতিক।

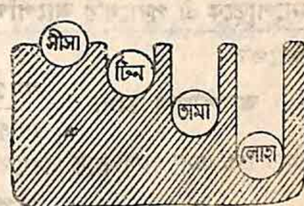


চিত্র 70

●**ভরের উপর** : একই পদার্থের (মনে করি তামা) দু'টি বস্তু নেওয়া হয়। একটির ভর অপরটির চেয়ে বেশি। বীকারের জলে রেখে উভয় বস্তুকেই উত্তপ্ত করা হয় এবং ইহাদের একসঙ্গে তুলে একখণ্ড মোমের উপর রাখা হয়। মোম গলিয়ে

বেশি ভরের বস্তু কম ভরের বস্তুর চেয়ে বেশি দূর নীচে নামে। কাজেই বোঝা যায় যে, উষ্ণতা ও বস্তুর প্রকৃতি নির্দিষ্ট থাকলে বস্তুর তাপ ও ভর পরস্পর সমানুপাতিক।

● **পদার্থের প্রকৃতির উপর :** (i) দু'টি একই ধরনের কেটলীতে সমপরিমাণ জল ও দুধ নিয়ে একই উনানের উপর পাশাপাশি রাখলে দেখা যায় যে, দুধের উষ্ণতা বৃদ্ধি জলের চেয়ে বেশি হয়। কাজেই, উভয়ের ভর ও সরবরাহিত তাপের পরিমাণ সমান হ'লেও দুধ ও জল বিভিন্ন পরিমাণ তাপ গ্রহণ করায় উহাদের উষ্ণতা বিভিন্ন হয়। (ii) সীসা, টিন, তামা ও লোহার তৈরী একই ভরের কয়েকটি বল নেওয়া হয় এবং ইহাদের ফুটন্ত জলে রেখে একই উষ্ণতায় আনা হয়। তারপর ইহদের জল থেকে তুলে একসঙ্গে একটি পুরু মোম খণ্ডের উপর রাখা হয়। কিছু সময় পরে দেখা যায় যে, বিভিন্ন গোলক বিভিন্ন দূরত্ব পর্যন্ত মোম গলিয়ে ঢুকে গেছে (চিত্র 71)। কাজেই, বিভিন্ন, ধাতুর বল বিভিন্ন পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করে। সুতরাং, ভর ও উষ্ণতা নির্দিষ্ট থাকলে বস্তুর তাপ ইহার বিশেষ প্রকৃতি বা ধর্মের উপর নির্ভর করে॥ বস্তুর এই বিশেষ ধর্মকে **আপেক্ষিক তাপ** বলে।



চিত্র 71

● **তাপ পরিমাপের একক :** কোন ভৌত রাশি পরিমাপ ক'রতে গেলে এককের প্রয়োজন। তাপ ভৌতরাশি হওয়ায় তাপ পরিমাপের জন্যও এককের প্রয়োজন। তাপ পরিমাপের জন্য অধিক প্রচলিত একক সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **ক্যালরি** (*calorie*) ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে **ব্রিটিশ থার্মাল একক** (*British thermal unit*)।

● **ক্যালরি :** সাধারণত এক গ্রাম বিশুদ্ধ জলের এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে **ক্যালরি** বলে। সুতরাং, m গ্রাম জলের t°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে mt ক্যালরি তাপ লাগে; অথবা m গ্রাম জলে H ক্যালরি তাপ প্রয়োগ ক'রলে ইহার উষ্ণতা $\left(\frac{H}{m}\right)^{\circ}$C বৃদ্ধি পায়।

● **ব্রিটিশ থার্মাল একক :** এক পাউন্ড বিশুদ্ধ জলের এক ডিগ্রি ফারেনহাইট উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে **ব্রিটিশ থার্মাল একক** বা B. Th. U. বলে।

ব্রিটিশ থার্মাল একক ও ক্যালরির সম্পর্ক :

এক ব্রিটিশ থার্মাল একক $= 1 \text{ lb} \times 1^{\circ}\text{F} = 453{\cdot}6 \text{ gm} \times \frac{5}{9}{}^{\circ}\text{C} = 252$ ক্যালরি।

থার্ম (Therm) : ইহা তাপের বাণিজ্যিক একক। 100,000 পাউন্ড বিশুদ্ধ জলের এক ডিগ্রি ফারেনহাইট উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে 1 থার্ম বলে।

মনে রাখবে, 1 থার্ম $= 10^5$ বৃটিশ থার্মাল একক।

● **আপেক্ষিক তাপ ঃ** পরীক্ষার সাহায্যে আমরা দেখেছি যে, কোন বস্তুর তাপ ইহার ভর, উষ্ণতা ও বিশেষ প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। বস্তুর এই বিশেষ প্রকৃতিকে আপেক্ষিক তাপ বলে। আপেক্ষিক তাপের দু'টি সংজ্ঞা প্রচলিত আছে ঃ

● **প্রথম সংজ্ঞা ঃ** কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরের যে কোন উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ ও সমভর জলের সম উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপের অনুপাতকে ঐ পদার্থের **আপেক্ষিক তাপ** বলে। সুতরাং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে পদার্থের

$$\textbf{আপেক্ষিক তাপ, } s = \frac{m \text{ গ্রাম বস্তুর } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{m \text{ গ্রাম জলের } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}$$

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে পদার্থের

$$\textbf{আপেক্ষিক তাপ, } s = \frac{m \text{ পাউন্ড বস্তুর } t^\circ F \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{m \text{ পাউন্ড জলের } t^\circ F \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি কর'তে প্রয়োজনীয় তাপ}}$$

এই সংজ্ঞা থেকে বোঝা যায় যে, আপেক্ষিক তাপ একটি অনুপাত মাত্র এবং একটি সংখ্যা মাত্র, ইহার কোন একক নেই। সুতরাং, কোন বস্তুর আপেক্ষিক তাপ সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. উভয় পদ্ধতিতেই সমান।

● **দ্বিতীয় সংজ্ঞা ঃ**

$$\textbf{আপেক্ষিক তাপ, } s = \frac{m \text{ গ্রাম বস্তুর } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{m \text{ গ্রাম জলের } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}$$

$$= \frac{1 \text{ গ্রাম বস্তুর } 1^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{1 \text{ গ্রাম জলের } 1^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}$$

$$= \frac{1 \text{ গ্রাম বস্তুর } 1^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{1 \text{ ক্যালরি}}$$

এই সংজ্ঞানুযায়ী কোন বস্তুর আপেক্ষিক তাপ ব'লতে সেই বস্তুর 1 গ্রাম ভরের 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যত একক ক্যালরি তাপের প্রয়োজন হয় তত একক ক্যালরি তাপ বোঝায়। তাই **তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 ব'লতে বোঝায় যে, 1 গ্রাম তামার 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে 0·09 ক্যালরি তাপের প্রয়োজন হয়।** অনুরূপভাবে, কোন পদার্থের 1 পাউন্ড ভরকে 1°F উষ্ণ ক'রতে যত একক B. Th. U. তাপের প্রয়োজন হয় তাই ঐ পথার্থের আপেক্ষিক তাপ।

কাজেই দ্বিতীয় সংজ্ঞানুযায়ী, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক তাপের একক ক্যালরি প্রতি গ্রামে ডিগ্রি সেন্টিগ্রেডে এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে B. Th. U. প্রতি পাউন্ডে প্রতি ডিগ্রি ফারেনহাইটে। কিন্তু উভয় পদ্ধতিতে আপেক্ষিক তাপের পরিমাণ সমান, শুধুমাত্র এককের পরিবর্তন ঘটে।

আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞানুযায়ী,

$$s = \frac{m \text{ গ্রাম বস্তুর } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{m \text{ গ্রাম জলের } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রায়োজনীয় তাপ}}$$

আবার, যেহেতু m গ্রাম জলের t°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে mt ক্যালরি তাপের প্রয়োজন সেইহেতু,

$$s = \frac{m \text{ গ্রাম বস্তুর } t^\circ C \text{ উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ}}{mt \text{ ক্যালরি}}$$

অতএব,

m গ্রাম বস্তুর t°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ, $H = mst$ ক্যালরি।

অনুরূপভাবে, m পাউন্ড ভরের কোন বস্তুর t°F উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে প্রয়োজনীয় তাপ $H = mst$ ব্রিটিশ থার্মাল একক।

বিপরীতভাবে, t°C উষ্ণতা কমলে m গ্রাম বস্তু mst ক্যালরি তাপ বর্জন করে। t°F উষ্ণতা কমলে m পাউন্ড বস্তু mst B. Th. U. তাপ বর্জন করে।

সাধারণভবে,

বর্জিত তাপ বা গৃহীত তাপ = mst = ভর × আপেক্ষিক তাপ × উষ্ণতা পার্থক্য।

যদি তাপ গ্রহণের আগে বস্তুর উষ্ণতা t_1 থাকে ও তাপ গ্রহণের পরে উষ্ণতা বৃদ্ধি পেয়ে t_2 হয় তাহ'লে উষ্ণতা বৃদ্ধি $= t_2 - t_1$ এবং সেক্ষেত্রে গৃহীত তাপ $H = ms(t_2 - t_1)$ ক্যালরি। আবার তাপ বর্জনের আগে যদি বস্তুর উষ্ণতা t_1 থাকে ও বর্জনের পরে উষ্ণতা ক'মে t_2 হয় তাহ'লে উষ্ণতা হ্রাস $= t_1 - t_2$ এবং সেক্ষেত্রে বর্জিত তাপ $H = ms(t_1 - t_2)$ ক্যালরি।

● কয়েকটি পদার্থের আপেক্ষিক তাপ

পদার্থ	আপেক্ষিক তাপ ক্যালরি/গ্রাম/°C	পদার্থ	আপেক্ষিক তাপ ক্যালরি/গ্রাম/°C
লোহা	0·113	কাচ	0·12-0·16
তামা	0·094	অ্যালুমিনিয়াম	0·21
দস্তা	0·093	তার্পিন	0·42
পিতল	0 092	বরফ	0·50
রূপা	0·056	গ্লিসারিন	0·58
টিন	0·054	মোম	0·69
পারদ	0·033	জল	1·00
সীসা	0·0315		

● **বি. দ্র.:** উপরের আলোচনায় দেখা যায় যে, জলের আপেক্ষিক তাপ = 1 ক্যালরি। কিন্তু সব উষ্ণতায় জলের আপেক্ষিক তাপ 1 ক্যালরি হয় না। কেবলমাত্র 15°C উষ্ণতায় জলের আপেক্ষিক তাপ 1 ক্যালরি হয়। সুতরাং ক্যালরির সংজ্ঞা হিসেবে লেখা যায়—**এক গ্রাম জলের 14·5°C থেকে 15·5°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাই এক ক্যালরি।**

● **জলের চেয়ে দুধ তাড়াতাড়ি গরম হয় কেন ?** সমান ভরের দু'টি বস্তুকে সমপরিমাণ তাপ দিলে যে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বেশি তার উষ্ণতা বৃদ্ধি অপরটির তুলনায় কম হয়। দুধের আপেক্ষিক তাপ জলের চেয়ে কম। তাই সমপরিমাণ দুধ ও জলকে সমান হারে তাপ দিলে দুধ জলের চেয়ে তাড়াতাড়ি গরম হয়।

3·6. তাপ পরিমিতির মূল নীতি (Basic principle of calorimetry) :

তাপ পরিমিতিতে বিভিন্ন উষ্ণতা বিশিষ্ট বস্তুগুলিকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হয়। বেশি উষ্ণ বস্তুগুলি থেকে কম উষ্ণ বস্তুগুলিতে তাপ প্রবাহিত হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না সব বস্তুই একটি সাধারণ উষ্ণতায় পেঁছায়। অধিক উষ্ণ বস্তু তাপ বর্জন করে, কম উষ্ণ বস্তু তাপ গ্রহণ করে। সংস্পর্শে আনার পর যদি বস্তুগুলি থেকে তাপ বেরিয়ে না যায় বা বাইরে থেকে তাপ ইহাদের মধ্যে না আসে এবং যদি সংস্পর্শের দরুন কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন না হয় তাহ'লে শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী বলা যায় যে, **উষ্ণতর বস্তু দ্বারা বর্জিত তাপ = অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ বস্তু দ্বারা গৃহীত তাপ।** ইহাই তাপ পরিমিতির মূলনীতি।

মনে করি, A ও B দু'টি বস্তু—A বস্তুর উষ্ণতা B বস্তুর চেয়ে বেশি। এই বস্তুদ্বয়ের মধ্যে তাপীয় সংযোগ ঘটালে A বস্তু তাপ বর্জন ক'রবে ও B বস্তু সেই তাপ গ্রহণ ক'রবে। ইহার দরুন A বস্তুর উষ্ণতা কমতে থাকবে ও B বস্তুর উষ্ণতা বাড়তে থাকবে। এই তাপ বর্জন ও গ্রহণ ততক্ষণ চলবে যতক্ষণ না উভয়ের উষ্ণতা সমান হয়। অন্য কোনভাবে তাপ নষ্ট না হ'লে,

A দ্বারা বর্জিত তাপ = B দ্বারা গৃহীত তাপ।

মনে করি A বস্তুর ভর, উপাদানের আপেক্ষিক তাপ ও উষ্ণতা যথাক্রমে m_1, s_1 ও t_1 এবং B বস্তুর ভর, উপাদানের আপেক্ষিক তাপ ও উষ্ণতা যথাক্রমে m_2, s_2 ও t_2। তাপীয় সংযোগ ঘটানোর পর উভয়ের উষ্ণতা t হ'লে,

A বস্তুর দ্বারা বর্জিত তাপ = ভর × আপেক্ষিক তাপ × উষ্ণতা হ্রাস

$$= m_1 \times s_1 \times (t_1 - t)$$

আবার B বস্তু দ্বারা গৃহীত তাপ = ভর × আপেক্ষিক তাপ × উষ্ণতা বৃদ্ধি

$$= m_2 \times s_2 \times (t - t_2)$$

তাপ পরিমিতির নীতি অনুযায়ী,

A দ্বারা বর্জিত তাপ = B দ্বারা গৃহীত তাপ।

অথবা, $m_1 s_1 (t_1 - t) = m_2 s_2 (t - t_2)$

উদাহরণ 3·5. 100 গ্রাম ভরের একটি তামার পাত্রের উষ্ণতা 50°C থেকে 100°C ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন ? তামার আঃ তাপ = 0·09।

সমাধান ঃ আমরা জানি যে, গৃহীত তাপ, $H = mst$ ক্যালরি।

এক্ষেত্রে $m = 100$ গ্রাম, $s = 0·09$ ও $t = 100°C - 50°C = 50°C$

অতএব $H = 100 \times 0·09 \times 50 = 450$ ক্যালরি।

উদাহরণ 3·6. 100 গ্রাম ভরের একটি সীসার পাত থেকে কি পরিমাণ তাপ নিয়ে নিলে উহার উষ্ণতা 100°C থেকে 0°C হবে ? সীসার আঃ তাপ = 0·03।

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে $m = 100$ গ্রাম, $t = (100 - 0)°C = 100°C$ ও $s = 0·03$

অতএব, বর্জিত তাপ = $mst = 100 \times 0·03 \times 100 = 300$ ক্যালরি।

উদাহরণ 3·7. কোন তরলের উষ্ণতা 100°F ও ভর 10 পাউন্ড। উহার উষ্ণতা 200°F ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন ? তরলের আঃ তাপ = 0·12।

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে, $m = 10$ পাউন্ড, $t = (200° - 100°) = 100°F$ ও $s = 0·12$। সুতরাং গৃহীত তাপ $H = mst = 10 \times 0·12 \times 100 = 120$ বৃটিশ থার্মাল একক।

*** বস্তুর তাপগ্রাহীতা ও জলসম (Thermal capacity and water equivalent of a body) ঃ**

● **তাপগ্রাহীতা ঃ** কোন বস্তুর উষ্ণতা এক ডিগ্রি বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর **তাপগ্রাহীতা** বলে।

কোন বস্তুর ভর m গ্রাম ও আপেক্ষিক তাপ S হ'লে ঐ বস্তুর 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে mS ক্যালরি তাপের প্রয়োজন। কাজেই, ঐ বস্তুর তাপগ্রাহীতা = mS ক্যালরি।

● **জলসম ঃ** কোন বস্তুর উষ্ণতা এক ডিগ্রী বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন, সেই পরিমাণ তাপ দিয়ে যে পরিমাণ জলের উষ্ণতা এক ডিগ্রি বৃদ্ধি করা যায় তাকে ঐ বস্তুর **জলসম** বলে।

সি- জি. এস্ এবং এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে জলসমের একক যথাক্রমে গ্রাম ও পাউন্ড।

'একটি পাত্রের জলসম 10 গ্রাম' ব'লতে বোঝায় যে, 10 গ্রাম জলের উষ্ণতা 1°C বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণ তাপ ঐ পাত্রটির 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি করে।

*** তাপগ্রাহীতা ও জলসমের পার্থক্য ঃ** (i) ইহারা উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল। কাজেই, ইহাদের মান সমান।

(ii) তাপগ্রাহীতা কিছু পরিমাণ তাপ হওয়ায় ইহাকে ক্যালরি বা বৃটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করা হয়। কিন্তু জলসম কিছু পরিমাণ জল হওয়ায় ইহাকে গ্রাম বা পাউন্ডে প্রকাশ করা হয়।

3·7. তাপ একপ্রকার শক্তি (Heat is a form of energy) ঃ

আমরা জানি যে, শক্তি বিভিন্ন ধরনের হয়। ঘর্ষণের দরুন যে কাজ করা হয় তাতে তাপ উৎপন্ন হয়। আমরা দুই হাত একসঙ্গে ঘষলে তাপ অনুভব করি। কিছুক্ষণ ব্যবহার করার পর করাত গরম হ'য়ে ওঠে। এই সব ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। আবার জল ফুটিয়ে বাষ্প তৈরি ক'রে সেই বাষ্পের সাহায্যে রেলগাড়ি চলে। এক্ষেত্রে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

* এই অংশটুকু সিলেবাস বহির্ভূত।

বৈদ্যুতিক বাতিতে তড়িৎ প্রবাহের ফলে আলোক শক্তি ও তাপশক্তি উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎশক্তি আলোক ও তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এইরূপ অসংখ্য উদাহরণের সাহায্যে দেখানো যায় যে, বিভিন্ন প্রকারের শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং তাপশক্তি বিভিন্ন প্রকারের শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং নিঃসন্দেহে বলা যায় যে, **তাপ একপ্রকার শক্তি**।

● **তাপ ও কার্য (Heat and work)**ঃ নীচের উদাহরণগুলির সাহায্যে তাপ ও কার্যের পারস্পরিক সম্পর্ক বোঝা যায়।

(i) হাতে হাতে ঘষার সময় দুই হাতের স্পর্শতলে ঘর্ষণ বলের উদ্ভব হয়। দুই হাত ঐ ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে চলাচল ক'রে কাজ করে। এই কাজ তাপে রূপান্তরিত হ'য়ে দুই হাতকে উত্তপ্ত করে।

(ii) ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি ধার করার জন্য শান পাথরে ঘষতে হয়। ইহাতে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করা হয়। এই কাজ তাপে রূপান্তরিত হ'য়ে বস্তুগুলিকে উত্তপ্ত করে। অনেক সময় অগ্নিস্ফুলিঙ্গ নির্গত হয়।

(iii) দেশলাই কাঠির মাথা বাক্সের গায়ে ঘষলে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করা হয়। এই কাজ তাপে রূপান্তরিত হ'য়ে কাঠির মাথায় বারুদকে জ্বালিয়ে দেয়।

কাজ ও তাপের সম্পর্ক নির্ণয়ের জন্য 1842 খ্রীষ্টাব্দ থেকে 1848 খ্রীষ্টাব্দ পর্যন্ত নানা পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর জুল দেখান যে, যেকোন ধরনের কাজের ফলে উৎপন্ন তাপ কৃত কার্যের সমানুপাতিক। অর্থাৎ সোজা কথায়, নির্দিষ্ট পরিমাণ কাজ থেকে নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপ পাওয়া যায়। এই বক্তব্যকে একটি সূত্রের আকারে প্রকাশ করা হয়। এই সূত্রকে **জুলের সূত্র** বলে—

যখন কার্য তাপে রূপান্তরিত হয় বা তাপ কার্যে রূপান্তরিত হয় তখন একটি অপরটির সমতুল্য হয়।

যদি W পরিমাণ কাজ H পরিমাণ তাপে রূপান্তরিত হয় তাহ'লে $W \propto H$। অথবা, $W = JH$, যেখানে J একটি ধ্রুব রাশি। এই J-কে যান্ত্রিক তুল্যাংক বা জুল তুল্যাংক বলে। আবার, $H = 1$ হ'লে $W = J$ হয়। কাজেই, **এক একক তাপ উৎপন্ন ক'রতে যে পরিমাণ কার্যকে তাপে রূপান্তরিত ক'রতে হয় তাকেই যান্ত্রিক তুল্যাংক বা জুল তুল্যাংক বলে।**

● **বিভিন্ন পদ্ধতিতে যান্ত্রিক তুল্যাংকের মান**ঃ

● **সি. জি. এস্. পদ্ধতি**ঃ যখন তাপ ক্যালরিতে ও কাজ আর্গে প্রকাশ করা হয় তখন জুল তুল্যাঙ্কের মান $4{\cdot}186 \times 10^7$ ergs/cal অর্থাৎ $J = 4{\cdot}186 \times 10^7$ ergs/calorie। যেহেতু এক জুল $= 10^7$ ergs সেইহেতু $J = 4{\cdot}186$ Joules/calorie। $J = 4{\cdot}186 \times 10^7$ ergs / calorie কথাটির অর্থ, এক ক্যালরি তাপ উৎপন্ন ক'রতে $4{\cdot}186 \times 10^7$ ergs কাজকে তাপে রূপান্তরিত ক'রতে হয়।

● এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি : যখন তাপ ব্রিটিশ থার্মাল এককে ও কাজ ফুট পাউন্ড এককে প্রকাশ করা হয় তখন J এর মান 778 ফুট-পাউন্ড প্রতি ব্রিটিশ থার্মাল এককে। এই কথাটির অর্থ, এক B. Th. U. তাপ উৎপন্ন ক'রতে 778 ফুট-পাউন্ড কাজকে তাপে রূপান্তরিত ক'রতে হয়।

● এম্. কে. এস্. পদ্ধতিতে J এর মান 4·186 Joules/calorie।

উদাহরণ 3·8. 100 ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করার জন্য কি পরিমাণ কার্যকে তাপে রূপান্তরিত ক'রতে হয় ?

সমাধান : আমরা জানি $W=JH$; এক্ষেত্রে $H=100$ ক্যালরি, $J=4{\cdot}2\times10^7$ আর্গ/ক্যালরি। অতএব, $H=4{\cdot}2\times10^7\times100=4{\cdot}2\times10^9$ আর্গ।

উদাহরণ 3·9. 12·6 জুল কার্যকে তাপে রূপান্তরিত ক'রলে কত তাপ পাওয়া যায় ?

সমাধান : এক্ষেত্রে $W=12{\cdot}6$ জুল, $J=4{\cdot}2$ জুল/ক্যালরি ; কাজেই উৎপন্ন তাপ $H=\frac{12{\cdot}6}{4{\cdot}2}=3$ ক্যালরি।

উদাহরণ 3·10. 100 কিলোগ্রাম ভরের একটি বস্তুকে 5 মিটার উপর থেকে ফেলা হ'ল। ভূ-পৃষ্ঠে স্পর্শ করার পর যদি সম্পূর্ণ যান্ত্রিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাহ'লে বস্তুটিতে কি পরিমাণ তাপ সৃষ্টি হয় ?

সমাধান : বস্তুটির ভর = 100 কিলোগ্রাম। ইহাকে 5 মিটার উপর থেকে ফেলা হয়। সুতরাং, বস্তুটি ভূ-পৃষ্ঠ স্পর্শ করার দরুণ যে পরিমাণ শক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় তার মান,

$$W=mgh$$

এক্ষেত্রে, m = বস্তুর ভর = 100 কিলোগ্রাম,

g = অভিকর্ষজত্বরণ = $980\ cm/sec^2=9{\cdot}8\ m/sec^2$

h = ভূ-পৃষ্ঠ থেকে বস্তুটির প্রাথমিক উচ্চতা = 5 মিটার।

$\therefore\ W=100\times9{\cdot}8\times5=4900$ জুল

$\therefore$ উৎপন্ন তাপ $H=\frac{W}{J}=\frac{4900}{4{\cdot}2}$

$=1166{\cdot}7$ ক্যালরি (প্রায়)।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. 'তাপ' ব'লতে কি বোঝায় ? ইহা কয় প্রকার ? ইহার ফলাফল কি ?
2. উষ্ণতা কাকে বলে ? তাপ ও উষ্ণতার প্রভেদ কি ? [Tripura 1981, '83]

3. তাপের পরিমাণ ব'লতে কি বোঝায় ? কি কি কারণের উপর এই পরিমাণ নির্ভর করে ? পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

4. কত প্রকারের থার্মোমিটার স্কেল আছে ? ইহাদের ব্যাখ্যা কর। একটি ডাক্তারী থার্মোমিটারের বর্ণনা দাও। ইহা কোন্ স্কেল অনুযায়ী দাগ কাটা ?

5. নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লেখ :—

(a) ক্যালরি, (b) বৃটিশ থার্মাল একক, (c) থার্ম, (d) আপেক্ষিক তাপ। [Tripura, 1983]

6. সীসার আপেক্ষিক তাপ 0·03—এই উক্তির দ্বারা কি বোঝ ? [M. Exam. 1982, Tripura, 1983]

7. জলসম ও তাপগ্রাহীতা কাকে বলে ? ইহাদের পার্থক্য কি ?

8. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা লেখ। ইহার একক কি ? তামার আঃ তাপ 0·09 বলতে কি বোঝায় ? [M. Exam. 1978, '81, '82]

9. (a) দু'টি একই ধরনের কেটলীতে সমপরিমাণ দুধ ও জল নিয়ে আগুনের উপর পাশাপাশি রাখলে জলের চেয়ে দুধের উষ্ণতা বৃদ্ধি দ্রুত দেখা যায় কেন ?

(b) সীসা, তামা ও লোহার সমভর সম্পন্ন তিনটি গোলককে সম উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক'রে একই সঙ্গে একটি মোমের প্লেটের উপর রাখা হ'ল। কিছু সময় পরে দেখা গেল যে, লোহার গোলক সব চেয়ে বেশি ও তামার গোলক সব চেয়ে কম মোম গলিয়েছে। এইরূপ পার্থক্যের কারণ কি ?

10. 50°C উষ্ণতার এক পাউন্ড লোহা ও এক পাউন্ড সীসা বরফে রাখলে লোহা বেশি বরফ গলায় কেন ?

11. একটি বস্তুর উষ্ণতা 50°F ও অপর একটি বস্তুর উষ্ণতা 100°F। ইহাদের মধ্যে তাপীয় সংযোগ ঘটালে কোন্ বস্তু থেকে কোন্ বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হবে ?

12. 'তাপ একপ্রকার শক্তি'—এই সিদ্ধান্তে পৌঁছবার স্বপক্ষে যুক্তির অবতারণা কর। [Tripura 1982]

13. তাপের সহিত কার্যের সম্পর্ক কি ? তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক কি ? সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহার মান কত ? 1 ক্যালরি তাপ উৎপন্ন ক'রতে কত কাজ ক'রতে হবে ? [Tripura 1981]

14. যান্ত্রিক শক্তি থেকে তাপ শক্তিতে রূপান্তরের একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1981]

15. তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক কি ? [M. Exam. 1979]

16. হ্যাঁ কি না বল :—

(i) দু'টি বস্তুর তাপ সমান হ'লে উহাদের উষ্ণতা সমান হয়।

(ii) তাপকে পদার্থের অভ্যন্তরস্থ অণুগুলির গতিশক্তির আনুপাতিক এবং ইহার সহিত সম্বন্ধযুক্ত বলা যেতে পারে।

(iii) সমান ভরের বিভিন্ন বস্তুতে সমান তাপ প্রয়োগ ক'রলে ইহাদের উষ্ণতাও সমান হয়।

(iv) সূর্য সকল পার্থিব শক্তির উৎস।

(v) তাপ প্রবাহের দিক তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, কিন্তু উষ্ণতার উপর নির্ভর করে।

17. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—

(i) দুই হাতের তালু ঘষলে হাত গরম হ'য়ে ওঠে কেন ?

(ii) তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক $4{\cdot}2\times10^7$ আর্গ/ক্যালরি বলতে কি বোঝায় ?

(iii) 100°C উষ্ণতা ফারেনহাইটে কত ?

(iv) 32°F উষ্ণতা সেলসিয়াস স্কেলে কত ?

(v) তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 ব'লতে কি বোঝ তা লেখ। [M. Exam. 1978]

(vi) থার্মোমিটার সেলসিয়াস স্কেলে নিম্নস্থিরাঙ্ক এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক কত ?

[M. Exam. 1978]

(ii) গরম জলে হাত ডুবিয়ে ঠাণ্ডা জল স্পর্শ ক'রলে কি বেশি ঠাণ্ডা লাগবে ?

(viii) দু'টি বস্তুর উষ্ণতা সমান হ'লে উহাদের তাপও কি সমান হবে ?

(ix) বিশুদ্ধ জলের আপেক্ষিক তাপ কত ?

18. শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(i) তাপ হচ্ছে — এবং উষ্ণতা হচ্ছে —।

(ii) তাপ — আনুপাতিক।

(iii) একক তাপ উৎপন্ন ক'রতে যে পরিমাণ — করা হয়, তাই তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক।

19. সঠিক উত্তরের উপর ' √ ' চিহ্ন দাও :—

(i) — ধ্বংস বা সৃষ্টি করা যায় না। [উষ্ণতা, শক্তি]

(ii) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তাপের একককে — বলে। [ক্যালরি, ব্রিটিশ থার্মাল একক]

(iii) বস্তুতে মোট — ভর, উষ্ণতা ও উপাদানের উপর নির্ভরশীল। [শক্তি, তাপ, পদার্থ]

গাণিতিক প্রশ্ন :

20. এক ব্যক্তির জ্বর 102°F ; সেলসিয়াসে কত ? [38·9°C (প্রায়)]

21. 100 গ্রাম জলকে 20°C থেকে 50°C এ উষ্ণ ক'রতে কত তাপ লাগবে ? [3,000 ক্যালরি]

22. এক শীতের দিনে দার্জিলিং এ উষ্ণতা 50°F দেখা গেল। সেলসিয়াস স্কেলে উষ্ণতা কত ছিল ? [M. Exam. 1985] [10°C]

23. 50 gm. সীসার উষ্ণতা 20°C থেকে 100°C পর্যন্ত বাড়াতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হবে ? (সীসার আঃ তাঃ = 0·03) [M. Exam. (Tripura) 1984] [120 ক্যালরি]

24. কোন্ উষ্ণতায় ফারেনহাইট স্কেলের পাঠ সেলসিয়াস স্কেলের পাঠের দ্বিগুণ হবে ? [160°C]

25. কোন বস্তুর উষ্ণতা 30°F ; সেলসিয়াস পদ্ধতিতে এই উষ্ণতা কত দাঁড়াবে ?

[Tripura 1983] [−1·11°]

26. 5 gm. জলের উষ্ণতা 15°C থেকে 25°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করতে কত তাপের প্রয়োজন হবে ?

[Tripura 1982] [50 ক্যালরি]

27. কোন একদিনের উষ্ণতা 25°F : সেলসিয়াস স্কেলে ঐ উষ্ণতার পাঠ কত হবে ?

[−3·9°C প্রায়]

28. কোন একদিনের উষ্ণতা 25°C ; ফারেনহাইট স্কেলে ঐ উষ্ণতার পাঠ কত হবে ? [77°F]

29. 25 gm. তরলকে 20°C থেকে 50°C পর্যন্ত উষ্ণ ক'রতে কি পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় ? তরলের আঃ তাঃ = 0·6 [450 ক্যালরি]

30. 42 জুল কার্য তাপে রূপান্তরিত হ'লে কত ক্যালরি তাপ পাওয়া যায় ? [10 ক্যালরি]

31. 25 lb. জলের উষ্ণতা 50°F থেকে বাড়িয়ে 212°F ক'রতে কত তাপের প্রয়োজন হয় ?

[4050 বৃ. থা. এ.]

32. 100 gm. ভরের এক খণ্ড সীসা 50°C উষ্ণতায় আছে। ইহাকে 25°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করা হ'ল। সীসা খণ্ড কত তাপ বর্জন ক'রবে ? সীসার আপেক্ষিক তাপ = 0·03 [75 ক্যালরি]

33. 100 gm. ভরের এক খণ্ড সীসাকে 50°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক'রে 25 gm. জলে ফেলা হ'ল। জলের প্রাথমিক উষ্ণতা ছিল 30°C ; সীসার আপেক্ষিক তাপ 0·03 হ'লে জলের চূড়ান্ত উষ্ণতা কত হবে ? [32·15°C]

34. 100 gm. ভরের একটি পাথর খণ্ডকে একটি জ্বলন্ত ফার্নেস থেকে নিয়ে এসে 30°C উষ্ণতার 200 gm. জলে ফেলা হ'ল। পাথর খণ্ড যে তাপ বর্জন ক'রল তা জল দ্বারা শোষিত হবার দরুন জলের উষ্ণতা বেড়ে 60°C হ'ল। ফার্নেসের উষ্ণতা কত? পাথরের আঃ তাঃ=0·5।

[180°C]

35. 20 ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করার জন্য কত কার্যকে তাপে রূপান্তরিত ক'রতে হবে? [84 জুল]

36. 251 জুল কার্যকে তাপে পরিণত ক'রলে কি পরিমাণ তাপ পাওয়া যায়? [60 ক্যালরি]

37. 50 কিগ্রা. ভরের একটি বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠের 1 মিটার উপর থেকে ফেলা হ'ল। এই বস্তু ভূ-পৃষ্ঠে স্পর্শ ক'রলে কত তাপ উৎপন্ন হয়? ধ'রে নাও যে সমগ্র কার্য তাপে রূপান্তরিত হয়।

[116·7 ক্যালরি (প্রায়)]

মৌখিক প্রশ্ন ঃ

(i) থার্মোমিটারের ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ও নিম্নস্থিরাঙ্ক বলতে কি বোঝায়?
(ii) ফারেনহাইট স্কেলে জলের স্ফুটনাঙ্ক কত?
(iii) ফারেনহাইট স্কেলে বরফের গলনাঙ্ক কত?
(iv) ক্যালরি কাকে বলে?
(v) আপেক্ষিক তাপ কি?
(vi) বৃটিশ তাপ একক ও ক্যালরির সম্পর্ক কি?
(vii) তাপগ্রহীতা কাকে বলে?
(viii) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তাপগ্রহীতা ও জলসমের একক কি?
(ix) তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্কের মান কত?
(x) 10 গ্রাম বিশুদ্ধ জলের উষ্ণতা 1° সেলসিয়াস বাড়াতে কত ক্যালরি তাপের প্রয়োজন?

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আলোক
(Light)

4.1. আলোকের প্রকৃতি ঃ

যে প্রাকৃতিক কারণের জন্য আমাদের দর্শন অনুভূতি জাগে অর্থাৎ আমরা দেখতে পাই, তাকে আলোক বলে। কোন অন্ধকার ঘরে প্রবেশ ক'রলে আমরা ঐ ঘরের কোন জিনিসই দেখতে পাই না। কিন্তু একটি দেশলাই কাঠি জ্বালালে ঐ ঘরের সব কিছুই আমরা দেখিতে পাই। চোখে এই বিশেষ উত্তেজনা সৃষ্টিকারী বাহ্যিক কারণকেই **আলোক** বলে।

আমরা জানি যে, শক্তি অবিনশ্বর অর্থাৎ কখনও ধ্বংস হয় না, কেবলমাত্র বিভিন্ন রূপে রূপান্তরিত হয়। আলোককে বিভিন্ন ধরনের শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। যেমন, একটি থার্মোমিটারের কুণ্ডে কালো রং মাখিয়ে আলোকের গতি পথে রাখলে উষ্ণতা বাড়তে দেখা যায়। এক্ষেত্রে আলোক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ধাতুর উপর আলোক ফেলে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা যায়। এইরূপ বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে দেখানো যায় যে, আলোককে আমাদের জানা সকল প্রকার শক্তিতেই রূপান্তরিত করা যায়। সুতরাং নিঃসন্দেহে বলা যায় যে, **আলোক একপ্রকার শক্তি**।

অন্যান্য শক্তির ন্যায় আলোক শক্তিকেও আমরা দেখতে পাই না। কিন্তু এই আলোক শক্তির সাহায্যেই আমরা আমাদের চারপাশের সব জিনিস দেখতে পাই।

● কয়েকটি সংজ্ঞা ঃ

● আলোক প্রভব (Source of light) ঃ

যে বস্তু আলোক দিতে পারে তাকেই **আলোক-প্রভব** বলে।

কতকগুলি বস্তু নিজে থেকেই আলোক বিকীর্ণ ক'রতে পারে। যেমন, সূর্য, নক্ষত্র, মোমবাতি ইত্যাদি। ইহাদের **স্বপ্রভ** (*luminous*) বস্তু বলে।

অধিকাংশ বস্তুর নিজস্ব আলোক নেই। স্বপ্রভ বস্তু থেকে এইরূপ বস্তুগুলির উপর আলোক প'ড়লে ইহারা সেই আলোক আমাদের চোখে পাঠায় এবং আমরা ইহাদের দেখতে পাই। এইরূপ বস্তুগুলিকে **অপ্রভ** (*non-luminous*) বস্তু বলে। যেমন, গাছপালা, ঘটি-বাটি ইত্যাদি পারিপার্শ্বিক অধিকাংশ বস্তুই অপ্রভ বস্তু। চাঁদও একটি অপ্রভ বস্তু। সূর্য থেকে আলোক প'ড়লে সেই আলোক চারদিকে ছড়িয়ে দেয়। তাই চাঁদকে আলোকময় দেখায়।

আকৃতি অনুযায়ী প্রভব দুরকমের ঃ (i) **বিন্দু প্রভব** যা জ্যামিতিক বিন্দুর ন্যায় ক্ষুদ্র প্রভব ও (ii) **বিস্তৃত প্রভব** যা অসংখ্য বিন্দু প্রভবের সমষ্টি ব'লে ধরা যেতে পারে।

● আলোক মাধ্যম (Optical medium) ঃ

যে মাধ্যম দিয়ে আলোক যেতে পারে তাকে আলোক-মাধ্যম বলে। যেমন বায়ু, কাচ, জল ইত্যাদি **আলোক-মাধ্যম**।

কোন মাধ্যমের প্রতিটি বিন্দুর ধর্ম অভিন্ন হ'লে তাকে **সমসত্ত্ব** (*homogeneous*) **মাধ্যম** বলা হয়। যেমন, জল, পিতল, লোহা, কোয়ার্জ কেলাস ইত্যাদি **সমসত্ত্ব মাধ্যম**।

কোন মাধ্যমের বিভিন্ন বিন্দুর ধর্ম বিভিন্ন হ'লে তাকে **অসমসত্ত্ব মাধ্যম** বলা হয়।

যে মাধ্যম দিয়ে আলোক সহজে যাতায়াত ক'রতে পারে তাকে **স্বচ্ছ** (*transparent*) **মাধ্যম** বলে। স্বচ্ছ মাধ্যমের গঠন সুবিধামত হ'লে ইহার মধ্য দিয়ে বস্তুর প্রতিবিম্ব দেখা যায়। যেমন জল, কাচ **স্বচ্ছ মাধ্যম**।

যে মাধ্যম দিয়ে আলোক আদৌ যেতে পারে না তাকে **অস্বচ্ছ মাধ্যম** বলে। যেমন, পাথর, লোহা, কাঠ ইত্যাদি **অস্বচ্ছ মাধ্যম**।

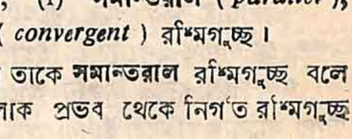
যে মাধ্যম দিয়ে আলোক আংশিকভাবে যেতে পারে তাকে **ঈষৎ স্বচ্ছ** (*translucent*) **মাধ্যম** বলে। এইরূপ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে কোন বস্তুকে পরিষ্কার দেখা যায় না। যথা কাচ, তেল, কাগজ ইত্যাদি **ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যম**। কোন কোন ঈষৎ স্বচ্ছ পদার্থ খুব পাতলা ক'রে ভাগ ক'রলে স্বচ্ছ দেখায়। যেমন অভ্র। অভ্রের মোটা পাত ঈষৎ স্বচ্ছ হ'লেও ইহার খুব পাতলা পাত কাচের মতই স্বচ্ছ।

● **আলোক রশ্মিগুচ্ছ (Rays of light) :**

যে কোন একটি স্বপ্রভ বস্তুর প্রত্যেক বিন্দু থেকে নির্গত আলোক কোন সমসত্ত্ব স্বচ্ছ মাধ্যমে সরলরেখায় যায়। এইরূপ সরলরেখাকে **আলোক রশ্মি** বলে। কতকগুলি রশ্মির সমন্বয়কে **রশ্মিগুচ্ছ** বলে। অবশ্য প্রভব যত ক্ষুদ্রই হোক না কেন ইহার থেকে একটি মাত্র রশ্মি নির্গত হয় না, সব সময়ই রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয়। সুতরাং একটি রশ্মি পাওয়া সম্ভব নয়।

রশ্মিগুচ্ছ তিন ধরনের হ'তে পারে। যেমন, (i) **সমান্তরাল** (*parallel*), (ii) **অপসারী** (*divergent*) ও (iii) **অভিসারী** (*convergent*) রশ্মিগুচ্ছ।

যে রশ্মিগুচ্ছের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল তাকে **সমান্তরাল** রশ্মিগুচ্ছ বলে (চিত্র 72)। বহু দূরে অবস্থিত কোন আলোক প্রভব থেকে নির্গত রশ্মিগুচ্ছ আমাদের চোখে পৌঁছালে আমরা ঐ রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল ব'লতে পারি। সূর্য, নক্ষত্র ইত্যাদি থেকে আগত রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল। লেন্স, গোলীয় দর্পণ ইত্যাদির সাহায্যেও কৃত্রিম উপায়ে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈরি করা যায়।



চিত্র 72

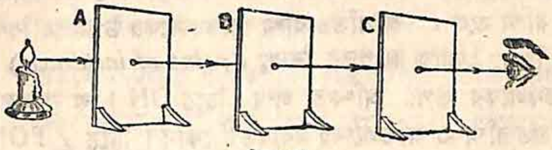
আলোক প্রভব থেকে রশ্মিগুচ্ছ সাধারণত শঙ্কুর আকারে নির্গত হ'য়ে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। আলোক-প্রভব ঐ শঙ্কুর শীর্ষবিন্দুতে থাকে। যখন আলোক, শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু থেকে নির্গত হয় তখন রশ্মিগুচ্ছকে **অপসারী** বলে এবং যখন আলোক, শঙ্কুর শীর্ষবিন্দুর দিকে যায় তখন রশ্মিগুচ্ছকে **অভিসারী** বলে

(চিত্র 72)। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্সের মধ্য দিয়ে গেলে অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে এবং অবতল লেন্সের মধ্য দিয়ে গেলে অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়।

4·2. আলোকের সরল রৈখিক গতি (Straight line motion of light) ঃ

প্রাত্যহিক অভিজ্ঞতা থেকে আমরা জানি যে, আলোক সরলরেখা বরাবর যায়। যেমন অন্ধকার ঘরের জানালার ফাঁক দিয়ে সূর্যরশ্মি প্রবেশ ক'রলে বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণাগুলি আলোকিত হয় এবং স্পষ্ট বোঝা যায় যে, আলোক সরলরেখা বরাবর যায়। অন্ধকার রাস্তায় মোটরগাড়ির হেডলাইট থেকে আলোক প'ড়লে দেখা যায় যে, আলোক সরল রেখায় যায়।

অবশ্য আলোকের এই সরলরৈখিক গতি আমরা বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যেও প্রমাণ ক'রে দেখাতে পারি। তিনটি শক্ত কার্ড বোর্ডের প্রত্যেকটির মাঝখানে ছিদ্র ক'রে ঐ ছিদ্র তিনটিকে (A, B, C) পরপর এক সরলরেখায় রাখা হয় (চিত্র 73)। এবার A ছিদ্রের সামনে মোমবাতি রেখে C ছিদ্রের ভিতর দিয়ে তাকালে মোমবাতি দেখা যায়,



চিত্র 73

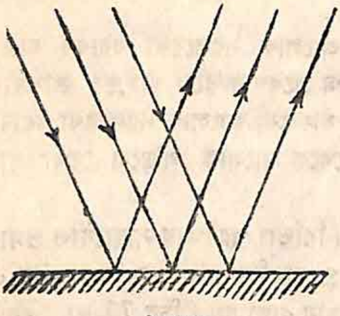
কিন্তু যে কোন একটি বোর্ডকে উপরে, নীচে বা পাশে একটু সরালে আর মোমবাতি দেখা যায় না। কেননা, আলোক স্থানচ্যুত বোর্ড দ্বারা বাধা পায়। আলোকের সরলরৈখিক গতির জন্যই এইরূপ হয়। আলোক আঁকা-বাঁকা পথে গেলে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্র দিয়ে এসে চোখে পৌঁছাতে পারত।

4·3. সমতলে আলোকের প্রতিফলন (REFLECTION OF LIGHT AT PLANE SURFACES)

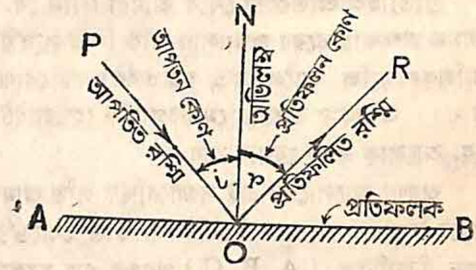
যখন আলোক রশ্মি কোন সমসত্ত্ব মাধ্যম থেকে অপর কোন মাধ্যমের উপর আপতিত হয় তখন আপতিত রশ্মির কিছু অংশ দুই মাধ্যমের বিভেদ তল থেকে পুনরায় প্রথম মাধ্যমে ফিরে আসে। এই ঘটনাকে **আলোকের প্রতিফলন** (*reflection of light*) বলে। যে মাধ্যম থেকে আলোক প্রতিফলিত হ'য়ে ফিরে আসে তাকে **প্রতিফলক** (*reflector*) বলে। দুই মাধ্যমের বিভেদ তলের গঠন প্রকৃতির উপর নির্ভর ক'রে আলোকের প্রতিফলন দুই ধরনের হ'তে পারে। যথা—(i) **নিয়মিত প্রতিফলন** (*regular reflection*) ও (ii) **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন** (*diffused reflection*)।

● **নিয়মিত প্রতিফলন** ঃ দুই মাধ্যমের বিভেদ তল মসৃণ হ'লে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি দুটি সূত্রানুযায়ী একটি নির্দিষ্ট দিকে যায়। 74 নং চিত্রে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি মসৃণ তলে আপতিত হ'য়ে প্রতিফলিত হ'য়েছে। প্রতিফলিত রশ্মিগুলিও **পরস্পর সমান্তরাল**। এইরূপ প্রতিফলনকে **নিয়মিত প্রতিফলন** বলে। মনে রাখবে যে, আপতিত রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল, অভিসারী বা অপসারী হ'লে নিয়মিত প্রতিফলনের

ফলে প্রতিফলিত রশ্মিও একই রকম হয়। নিয়মিত প্রতিফলনের দরুন দর্পণের যে অংশ রশ্মিগুচ্ছকে প্রতিফলিত করে কেবলমাত্র সেই অংশকেই উজ্জ্বল দেখায়। 75 নং চিত্রে PO রশ্মি AB দর্পণের উপর O বিন্দুতে আপতিত হ'য়ে OR পথে প্রতিফলিত



চিত্র 74



চিত্র 75

হ'য়েছে। PO রশ্মিকে **আপতিত** (*incident*) রশ্মি ও OR রশ্মিকে **প্রতিফলিত** (*reflected*) রশ্মি বলে। আপতিত রশ্মি প্রতিফলকের উপর যে বিন্দুতে আপতিত হয় (চিত্রে O বিন্দু) তাকে **আপতন বিন্দু** (*point of incidence*) বলে। আপতন বিন্দুতে প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত লম্ব (চিত্রে ON) কে **অভিলম্ব** (*normal*) বলে। আপতিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যবর্তী কোণ (চিত্রে ∠PON) কে **আপতন কোণ** (*angle of incidence*) এবং প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যবর্তী কোণ (চিত্রে ∠NOR) কে **প্রতিফলন কোণ** (*angle of reflection*) বলে।

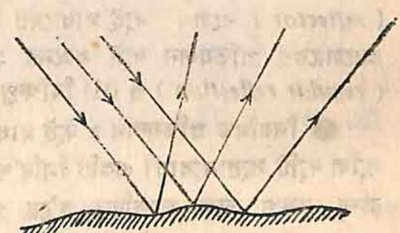
নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র ঃ

(i) **আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দুতে প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে থাকে।** (**The incident ray, the reflected ray and the normal to the reflecting surface at the point of incidence lie in the same plane**)।

(ii) **প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যবর্তী কোণ সর্বদা আপতিত রশ্মি ও অভিলম্বের মধ্যবর্তী কোণের সমান হয় অর্থাৎ** আপতন কোণ=প্রতিফলন কোণ। (**The angle of incidence is always equal to the angle of reflection**)।

এই সূত্রদ্বয় সমদৈশিক (isotropic) মাধ্যমে প্রযোজ্য।

● **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন ঃ** প্রতিফলনের তল অমসৃণ হ'লে ইহার প্রত্যেক বিন্দু থেকে আলোক চারদিকে প্রতিফলিত হয়। 76 নং চিত্রে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন দেখানো হ'য়েছে। এক্ষেত্রে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি কোন নিয়ম অনুযায়ী নির্দিষ্ট দিকে যায় না ও আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত কোন বিশেষ সম্পর্ক মেনে চলে না।



চিত্র 76

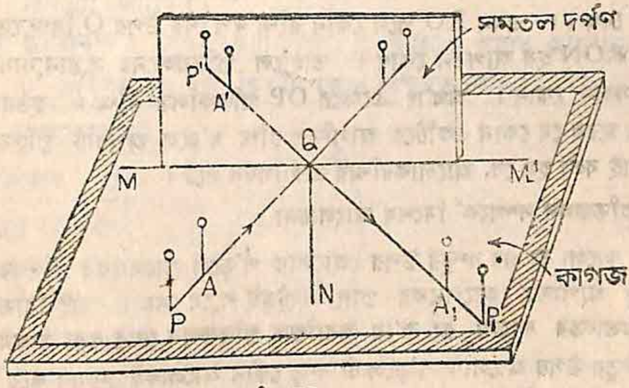
ঘরের দেওয়াল, ঘষা কাচ, সিনেমার পর্দা ইত্যাদির পৃষ্ঠ অমসৃণ হওয়ায় ইহারা আলোক রশ্মিগুচ্ছকে বিক্ষিপ্তভাবে প্রতিফলিত করে। তাই এই বস্তুগুলিকে সব দিক থেকেই সমান উজ্জ্বল দেখায়।

● নিয়মিত ও বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনের বৈশিষ্ট্যগত পার্থক্য ঃ

(i) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনে, পৃথকভাবে প্রতিটি রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হয় কিন্তু সমষ্টিগতভাবে রশ্মিগুলি চারদিকে বিক্ষিপ্ত হয়। (ii) নিয়মিত প্রতিফলনে মসৃণ তলের যে অংশ থেকে আলোক রশ্মি প্রতিফলিত হয় শুধু সেই অংশকেই উজ্জ্বল দেখায়। বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনে সব দিক থেকেই বস্তুকে সমান উজ্জ্বল দেখায়। (iii) নিয়মিত প্রতিফলনে বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, কিন্তু বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনে দর্পণের মত প্রতিবিম্ব গঠিত হয় না, শুধুমাত্র প্রতিফলককে দেখা যায়। (iv) দর্পণে প্রতিফলিত রশ্মির দিকে তাকালে চোখ ঝলসিয়ে যায়। কিন্তু বিক্ষিপ্তভাবে প্রতিফলিত রশ্মিতে চোখ ঝলসায় না। (v) নিয়মিত প্রতিফলনের বেলায় দর্পণ ঘুরিয়ে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছকে যে কোন দিকে ইচ্ছামত ফেলা যায়, কিন্তু বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনের বেলায় প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছকে যে কোন দিকে ফেলা যায় না।

● পিন পদ্ধতিতে নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্রগুলির পরীক্ষামূলক প্রমাণ ঃ

একটি টেবিলের উপর একটি ড্রয়িং বোর্ড রাখা হয়। এবার চারটি বোর্ডপিনের সাহায্যে একখণ্ড সাদা কাগজ বোর্ডে আটকানো হয়। কাগজের উপর পেনসিল দিয়ে MM′ সরলরেখা টানা হয় (চিত্র 77)। একটি পাতলা সমতল দর্পণকে খাড়াভাবে কাগজের উপর এইরূপ রাখা হয় যাতে ইহার প্রতিফলক তল (অর্থাৎ পারদের প্রলেপ লাগানো তল) MM′ রেখার সঙ্গে মিলে যায়। এবার দর্পণের সামনে কাগজের উপর P ও A পিনদ্বয়কে পরস্পর থেকে সামান্য দূরে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে



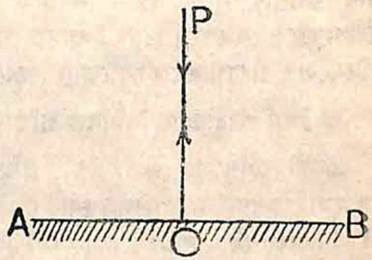
চিত্র 77

PA সরলরেখা দর্পণকে Q বিন্দুতে আনতভাবে স্পর্শ করে। ডান দিক থেকে দর্পণের দিকে তাকালে পিনদ্বয়ের প্রতিবিম্ব দেখা যায়। চোখ এমন অবস্থানে রাখতে হয় যাতে পিনদ্বয়ের প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় দেখা যায়। এই অবস্থায়

দর্পণের সামনে আরও দুটি পিন A_1 ও P_1-কে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে P ও A এর প্রতিবিম্বদ্বয়কে এবং A_1 ও P_1 কে একই সরলরেখায় দেখা যায়। এই অবস্থায় কেবলমাত্র P_2 পিনকে দেখা যায়। অন্য পিনগুলি P_1 দ্বারা ঢাকা থাকে।

এবার পিনগুলির অবস্থান পেনসিল দিয়ে চিহ্নিত ক'রে দর্পণ ও পিনগুলি সরানো হয়। তারপর P_1 ও A_1 বিন্দুদ্বয় যোগ ক'রে P_1A_1 সরলরেখা টানা হয়। এইভাবে PA সরলরেখা টেনে বাড়ালে PA ও P_1A_1 রেখাদ্বয় MM′ সরলরেখাকে Q বিন্দুতে ছেদ করে। এক্ষেত্রে PA আপতিত রশ্মি এবং P_1A_1 প্রতিফলিত রশ্মি। Q বিন্দুতে MM′ রেখার উপর QN লম্ব টানা হয়। তাহ'লে দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব QN। চাঁদার সাহায্যে $\angle P_1QN$ ও $\angle PQN$ মেপে দেখা যায় যে, ইহারা পরস্পর সমান। সুতরাং প্রতিফলনের দ্বিতীয় সূত্রের সততা প্রমাণিত হয়। P_1A_1, PA এবং QN সকলেই কাগজের তলে অবস্থিত হওয়ায় প্রতিফলনের প্রথম সূত্রের সত্যতাও প্রমাণিত হয়।

● **অভিলম্ব আপতন :** 78 নং চিত্রে PO রশ্মি AB দর্পণের উপর লম্বভাবে আপতিত হ'য়েছে। এক্ষেত্রে আপতন কোণের মান শূন্য হওয়ায় প্রতিফলন কোণের মানও শূন্য হয়। অর্থাৎ আলোক রশ্মি যে পথে দর্পণের উপর আপতিত হয় ঠিক সেই পথেই আবার প্রতিফলিত হ'য়ে ফিরে যায়।



চিত্র 78

● **আলোকের প্রত্যাগমন (Reversibility of light) :** PO আপতিত রশ্মি ও OR প্রতিফলিত রশ্মি হ'লে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী, $\angle PON = \angle NOR$ (চিত্র 75 দেখ)। এখন RO পথে কোন রশ্মি দর্পণের উপর O বিন্দুতে আপতিত হ'লে $\angle RON$ হয় আপতন কোণ। তাহ'লে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী $\angle NOP$ হয় প্রতিফলন কোণ। অর্থাৎ এক্ষেত্রে OP প্রতিফলিত রশ্মি। সুতরাং PO এবং RO রশ্মিদ্বয়ের যে কোন একটিকে আপতিত রশ্মি ধ'রলে অপরটি প্রতিফলিত রশ্মি হয়। তাই বলা হয় যে, আলোকরশ্মির **প্রত্যাগমন** ঘটে।

● **প্রতিফলন সম্পর্কে বিশেষ আলোচনা :**

(i) কালো রং এর বস্তুর উপর আলোক প'ড়লে আলোকের প্রতিফলন হয় না ; এই বস্তু আপতিত আলোকের প্রায় সবটুকুই শুষে নেয়। তাই বিভিন্ন **আলোক-যন্ত্রের অভ্যন্তর কালো রং ক'রে অবাঞ্ছিত প্রতিফলন রোধ করা সম্ভব হয়।** সাদা রং এর বস্তুর উপর আলোক প'ড়লে ঐ বস্তু কোন আলোকই শোষণ করে না। তাই যে ক্ষেত্রে আলোক শোষণ বন্ধ করা দরকার ও প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি করা দরকার সেক্ষেত্রে সাদা পৃষ্ঠের বস্তু নেওয়া হয়। যেমন **সিনেমার পর্দা সাদা রং-এর নেওয়া হয়। অবশ্য সাদা পশ্চাদপটে ছবি ভাল দেখায় ব'লেও সিনেমার পর্দা সাদা রং-এর নেওয়া হয়।**

(ii) পরিষ্কার কাচের প্লেটের উপর আলোক প'ড়লে খুব কম আলোকই ঐ প্লেট দ্বারা প্রতিফলিত হয়—বেশির ভাগই প্লেটের ভিতর দিয়ে অপরদিকে বেরিয়ে যায়। এই কারণে. কাচের প্লেটের একদিকে ধাতব প্রলেপ দিয়ে দর্পণ তৈরি করা হয়। ঐ প্রলেপ অস্বচ্ছ হওয়ায় বেশির ভাগ আলোকই ইহার দ্বারা প্রতিফলিত হয়। কাজেই, **কাচের দর্পণে যে প্রতিফলন হয় তার বেশির ভাগই ধাতব প্রলেপযুক্ত তল থেকে হয়, দর্পণের সম্মুখ তল থেকে খুব সামান্যই প্রতিফলিত হয়। পরীক্ষাগারে দর্পণের সাহায্যে পিন দ্বারা প্রতিফলনের সূত্র প্রমাণ করার সময় এই কথা মনে রেখে পেনসিলের দাগ বরাবর দর্পণকে রাখতে হয়।**

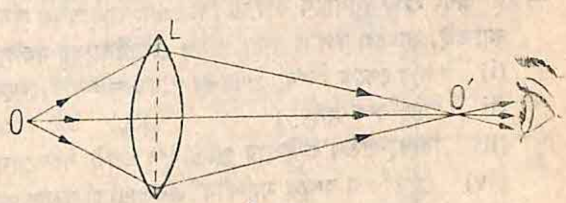
(iii) ঘষা কাচের পৃষ্ঠ অমসৃণ হওয়ায় ইহার উপর আলোক প'ড়লে আলোকের বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়। তাই ঘষা কাচকে অস্বচ্ছ দেখায়। ঘষা কাচকে জলে ভিজালে অনেকটা স্বচ্ছ দেখায়। কারণ, জলে ভিজানোর দরুন ঘষা কাচের পৃষ্ঠ প্রায় মসৃণ হয় এবং ইহার উপর আলোক প'ড়লে আপতিত আলোকের মোটামুটি প্রতিসরণ ও নিয়মিত প্রতিফলন হয়।

(iv) সূর্যোদয়ের কিছু আগে পূব-আকাশ এবং সূর্যাস্তের কিছু পরে পশ্চিম আকাশ লাল দেখায়। আকাশে ভাসমান অসংখ্য ধূলিকণা ও জলকণা দ্বারা সূর্যালোকের **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলনের দরুন** ঐরূপ বর্ণ হয়।

● **প্রতিবিম্ব (Image) :** যখন কোন বিন্দু-প্রভব থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর দ্বিতীয় কোন বিন্দুতে মিলিত হয় অথবা দ্বিতীয় কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে বিন্দু-প্রভবের **প্রতিবিম্ব** বলে।

প্রতিবিম্ব দু ধরনের হয় :—(i) **সদ্ প্রতিবিম্ব (*real image*)** ও (ii) **অসদ্ প্রতিবিম্ব (*virtual image*)**।

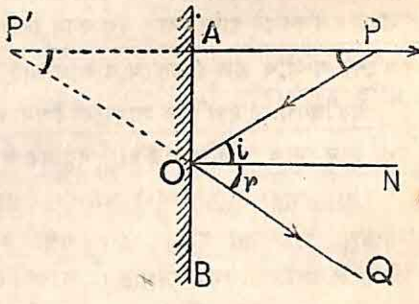
● **সদ্ প্রতিবিম্ব :** যখন কোন বিন্দু-প্রভব থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর দ্বিতীয় কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তখন এই দ্বিতীয় বিন্দুকে বিন্দু-প্রভবের **সদ্ প্রতিবিম্ব** বলে। 79 নং চিত্রে O বিন্দু-প্রভব থেকে আগত রশ্মিগুচ্ছ L লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হ'য়ে O′ বিন্দুতে মিলিত হয়। এই O′ বিন্দু O বিন্দুর সদ্ প্রতিবিম্ব। O′ বিন্দুর ডানদিকে চোখ রাখলে O বিন্দুর প্রতিবিম্ব দেখা যায়। O′ বিন্দুতে একটি পর্দা রাখলে ঐ পর্দায় O বিন্দুর প্রতিবিম্ব পড়ে। কিন্তু O′ বিন্দুর বাম দিকে চোখ রাখলে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই প্রতিবিম্ব দেখা যায় না, কেবলমাত্র সাধারণ ঔজ্জ্বল্য অনুভূত হয়।



চিত্র 79

অসদ্ প্রতিবিম্ব : যখন কোন বিন্দু-প্রভব থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর দ্বিতীয় কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে বিন্দু-প্রভবের অসদ্ প্রতিবিম্ব বলে।

80 নং চিত্রে AB সমতল দর্পণের সামনে P একটি বিন্দু-প্রভব। এই বিন্দু-প্রভব থেকে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হ'য়ে AB দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হয়। এই প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ চোখে পড়ে এবং P বিন্দুকে P′ বিন্দুতে অবস্থিত ব'লে মনে হয়। কাজেই, P′ বিন্দু P বিন্দুর অসদ্ প্রতিবিম্ব।



চিত্র 80

সদ্ ও অসদ্ প্রতিবিম্বের পার্থক্য : (i) যদি কোন বিন্দু-প্রভব থেকে নির্গত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হ'য়ে অপর কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তাহ'লে সদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। কিন্তু যদি ঐ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত রশ্মিগুচ্ছ কোন এক বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয় তাহ'লে অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

(ii) সদ্ প্রতিবিম্ব দেখা যায় ও পর্দায় ফেলা যায়। কিন্তু অসদ্ প্রতিবিম্বকে শুধুমাত্র দেখা যায়, পর্দায় ফেলা যায় না।

(iii) সাধারণত সদ্ প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ হয়, কিন্তু অসদ্ প্রতিবিম্ব বস্তুর ন্যায় সমশীর্ষ হয়।

সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব : 80 নং চিত্রে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী $\angle PON = \angle NOQ$। আবার AP ও ON সমান্তরাল হওয়ায় $\angle PON = \angle APO$ এবং $\angle NOQ = \angle AP'O$। অতএব, $\angle PON = \angle NOQ = \angle APO = \angle AP'O$। কাজেই, APO এবং AP′O ত্রিভুজদ্বয়ের $\angle APO = \angle AP'O$, $\angle PAO = \angle P'AO = 90°$ এবং AO সাধারণ বাহু। অতএব, ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। সুতরাং, $AP = AP'$।

কাজেই, সমতল দর্পণ দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্বের ধর্মগুলি—

(i) দর্পণ থেকে বিন্দু প্রভবের দূরত্ব = দর্পণ থেকে ইহার প্রতিবিম্বের দূরত্ব।

(ii) প্রতিবিম্ব অসদ্।

(iii) বিন্দু-প্রভব ও ইহার প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় থাকে।

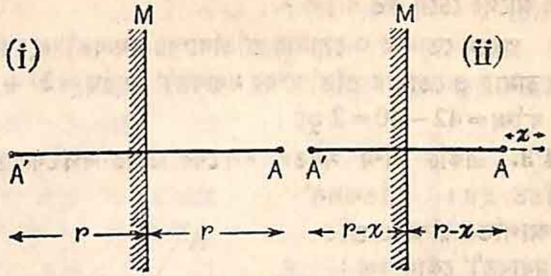
(iv) প্রতিবিম্ব বস্তুর সমশীর্ষ এবং প্রতিবিম্বের আকার বস্তুর সমান হয়।

(v) প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয়।

সমতল দর্পণে প্রতিবিম্বের সরণ (Displacement of image formed by a plane mirror) :

(a) কোন বস্তু দর্পণের দিকে অথবা দর্পণ থেকে দূরে সরে গেলে উহার প্রতিবিম্বও একইভাবে একই দূরত্বে সরে। যেমন M দর্পণ থেকে (চিত্র 81*i*) r দূরে A বস্তুকে রাখলে উহার প্রতিবিম্ব A′-ও দর্পণ থেকে r দূরে থাকবে। এই অবস্থায়

A বিন্দু যদি দর্পণের দিকে x দূরত্ব সরে যায় তবে দর্পণ থেকে ইহার বর্তমান দূরত্ব

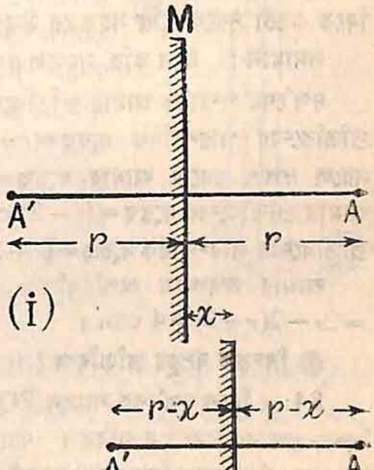


চিত্র 81

হয় $(r-x)$ (চিত্র 81*ii*)। তাহ'লে দর্পণ থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্বও হয় $r-x$। আগে দর্পণ থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ছিল r। কাজেই, প্রতিবিম্ব দর্পণের দিকে $r-(r-x)=x$ দূরত্ব সরে যায়।

(b) সমতল দর্পণ বস্তুর দিকে বা বস্তু থেকে দূরে সরে গেলে বস্তুর প্রতিবিম্ব একইভাবে দ্বিগুণ দূরত্ব সরে যায়। মনে করি, M দর্পণ থেকে A বস্তু r দূরে আছে (চিত্র 82*i*)। তাহ'লে বস্তুর প্রতিবিম্ব A′ ও দর্পণ থেকে r দূরে থাকে। কাজেই বস্তু ও প্রতিবিম্বের পারস্পরিক দূরত্ব $=r+r=2r$।

এই অবস্থায় যদি M দর্পণ A বস্তুর দিকে x দূরত্ব সরে যায় (চিত্র 82*ii*) তাহ'লে দর্পণ থেকে A বিন্দুর বর্তমান দূরত্ব $=r-x$। সুতরাং প্রতিবিম্ব A′-ও দর্পণ থেকে $r-x$ দূরত্বে থাকে। এখন বস্তু ও উহার প্রতিবিম্বের পারস্পরিক দূরত্ব $=(r-x)+(r-x)=2(r-x)$। A বিন্দুর অবস্থান অপরিবর্তিত থাকায় প্রতিবিম্বের সরণ $=2r-2(r-x)=2x$।



চিত্র 82

অতএব, দর্পণ বস্তুর দিকে x দূরত্ব সরলে প্রতিবিম্ব বস্তুর দিকে $2x$ দূরত্ব সরে।

উদাহরণ 4·1. একটি সমতল দর্পণ থেকে একটি বস্তু 50 সেমি. দূরে আছে। বস্তুটির প্রতিবিম্ব বস্তু থেকে কত দূরে গঠিত হয় ?

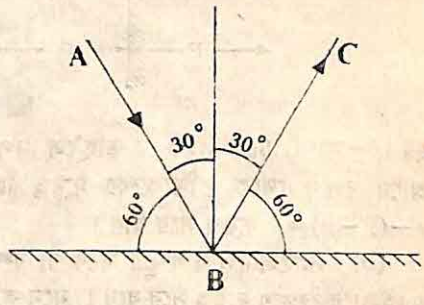
সমাধান : আমরা জানি যে, দর্পণ থেকে বস্তুর দূরত্ব = দর্পণ থেকে উহার প্রতিবিম্বের দূরত্ব। কাজেই এক্ষেত্রে বস্তু ও উহার প্রতিবিম্বের দূরত্ব $=50+50=100$ সেমি.

উদাহরণ 4·2. তুমি একটি দর্পণের সামনে 20 ফুট দূরে দাঁড়িয়ে আছ। তুমি

দর্পণ থেকে 1 ফুট দূরে সরে গেল। এই অবস্থায় তোমার ও তোমার প্রতিবিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্ব আগের চেয়ে কত বাড়ল?

সমাধান : প্রথমে তোমার ও তোমার প্রতিবিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= 20 + 20 = 40$ ফুট, পরে তোমার ও তোমার প্রতিবিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= 21 + 21 = 42$ ফুট। কাজেই, দূরত্ব বৃদ্ধি $= 42 - 40 = 2$ ফুট।

উদাহরণ 4·3. একটি রশ্মি সমতল দর্পণের উপর দর্পণের তলের সঙ্গে $60°$ কোণে আপতিত হয়। প্রতিফলন কোণ কত? আপতিত রশ্মি ও প্রতিফলিত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ কত?



চিত্র 83

সমাধান : এক্ষেত্রে AB রশ্মি দর্পণের তলের সঙ্গে $60°$ কোণে আপতিত হওয়ায় আপতন কোণ $= 90° - 60° = 30°$। কাজেই, প্রতিফলন কোণ $= 30°$।

কাজেই আপতিত ও প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ $= 30° + 30° = 60°$.

উদাহরণ 4·4. তুমি একটি সমতল দর্পণের সামনে দাঁড়িয়ে তোমার প্রতিবিম্ব দেখছ। সমতল দর্পণটি তোমার দিকে 2 cm সরিয়ে আনা হ'ল; প্রতিবিম্বটি তোমার দিকে কতটা সরবে যুক্তি সহকারে উত্তর দাও। [M. Exam. (Comp.) 1980]

সমাধান : মনে করি, সমতল দর্পণ থেকে আমার দূরত্ব $= r$ cm.।

দর্পণের পশ্চাতে আমার প্রতিবিম্বের দূরত্ব $= r$ cm.। কাজেই, আমার ও আমার প্রতিবিম্বের পারস্পরিক দূরত্ব $= r + r = 2r$ cm.। আমার দিকে দর্পণ 2 cm. সরলে দর্পণ থেকে আমার দূরত্ব $= (r-2)$ cm.; দর্পণের পশ্চাতে দর্পণ থেকে আমার প্রতিবিম্বের দূরত্ব $= (r-2)$ cm.। কাজেই, বর্তমানে আমার ও আমার প্রতিবিম্বের পারস্পরিক দূরত্ব $= (r-2) + (r-2) = 2(r-2)$ cm.।

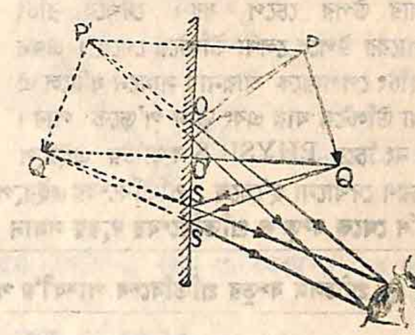
আমার অবস্থান অপরিবর্তিত থাকায় আমার দিকে আমার প্রতিবিম্বের সরণ $= 2r - 2(r-2) = 4$ cm.।

● **বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (Image of an extended object) :**

84 নং চিত্রে দর্পণের সামনে PQ একটি বিস্তৃত বস্তু। এই বিস্তৃত বস্তু অসংখ্য বিন্দু-প্রভবের সমন্বয়ে গঠিত। কাজেই, বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব ঐ অসংখ্য বিন্দু-প্রভবের প্রতিবিম্বগুলির সমন্বয়ে গঠিত হয়।

P ও Q বিন্দু থেকে দর্পণের উপর PP′ ও QQ′ লম্ব টানা হয় এবং দর্পণ থেকে P ও P′ বিন্দুদ্বয়ের দূরত্ব সমান করা হয়। অনুরূপভাবে, দর্পণ থেকে Q ও Q′ বিন্দুদ্বয়ের দূরত্ব সমান করা হয়। তাহ'লে P′ ও Q′ হয় যথাক্রমে P ও Q বিন্দুদ্বয়ের প্রতিবিম্ব। এই P′ ও Q′ বিন্দুদ্বয় থেকে রশ্মিগুচ্ছ অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয়। বাস্তবিক পক্ষে, এই রশ্মিগুচ্ছ P ও Q বিন্দু থেকে অপসৃত হয়। P ও Q এর

মধ্যবর্তী বিন্দু-প্রভবগুলির প্রতিবিম্ব P′ ও Q′ এর মধ্যে থাকে। কাজেই, PQ এর প্রতিবিম্ব P′Q′। আবার P′ ও Q′ বিন্দুকে সরলরেখা দ্বারা চোখের সংগে যুক্ত ক'রলে ঐ সরলরেখাগুলি দর্পণকে কতকগুলি বিন্দুতে ছেদ করে। এই ছেদবিন্দুগুলিকে সরলরেখার সাহায্যে P ও Q এর সঙ্গে যুক্ত ক'রলে (চিত্রে OP, O′P, SQ, S′Q ইত্যাদি) এই সরলরেখাগুলিই হয় আপতিত রশ্মি। চিত্র থেকে দেখা যায় যে, এক্ষেত্রে বস্তু PQ ও ইহার প্রতিবিম্ব P′Q′ একই সাইজের। সুতরাং বলা যায় যে, **সমতল দর্পণ সমান সাইজের অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠন করে।**



চিত্র 84

4·4. পেরিস্কোপ (Periscope) :

85 নং চিত্রে সরল পেরিস্কোপ দেখানো হ'য়েছে।

● **যন্ত্র বর্ণনা :** চিত্রে A ও B দু'টি সমতল দর্পণ। এই দর্পণদ্বয় একটি কাঠের ফ্রেমে বা ধাতব নলে সমান্তরালভাবে আটকানো। A ও Bকে পরস্পর সমান্তরালভাবে রেখে এদিক-ওদিক ঘোরাবার ব্যবস্থা আছে। নলকে খাড়াভাবে রেখে নলের নীচের খোলা মুখ চোখের কাছে ধ'রলে বহুদূরের জিনিস দেখা যায়। A ও B দর্পণদ্বয়কে প্রয়োজনমত ঘুরিয়ে এইরূপ অবস্থায় রাখা হয় যে, দূরবর্তী বস্তু থেকে আগত আলোক রশ্মি A দর্পণ দ্বারা নলের অক্ষ বরাবর প্রতিফলিত হয় এবং B দর্পণ দ্বারা পুনরায় প্রতিফলিত হ'য়ে চোখে পৌঁছায়। ফলে দূরের জিনিস দেখা যায়। সাধারণত কোন দূরের জিনিস সোজাসুজি দেখতে না পাওয়া গেলে এই যন্ত্র দ্বারা দেখা যায়।



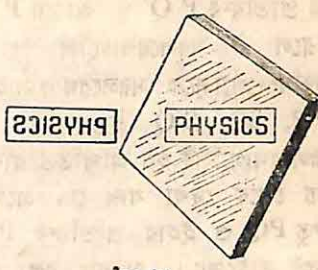
চিত্র 85

● **ব্যবহার :** এই যন্ত্রের সাহায্যে পরিখার ভিতর থেকে মাথা না তুলে দূরের জিনিস দেখা যায়, দূর থেকে খেলার মাঠে বহু লোকের ভীড়ের উপর দিয়ে খেলা দেখা যায় ইত্যাদি।

4·5. প্রতিফলনের জন্য পার্শ্ব পরিবর্তন (Lateral inversion due to reflection) :

বস্তু ও ইহার প্রতিবিম্বের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য আছে। 84 নং চিত্রে E থেকে PQ বস্তুকে দেখলে P বিন্দুকে বাম দিকে ও Q বিন্দুকে ডান দিকে দেখা যায়। আবার PQ বস্তুর প্রতিবিম্বকে দেখলে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব P′কে ডান দিকে এবং Q বিন্দুর প্রতিবিম্ব Q′ কে বাম দিকে দেখা যায়। সর্বদাই প্রতিবিম্ব ডান দিক

থেকে বাম দিকে উল্টিয়ে যায়। দর্পণের সামনে দাঁড়িয়ে ডান হাত তুললে ডান হাতের প্রতিবিম্বকে বাম হাত ব'লে মনে হয়। একখণ্ড কাগজে তোমার নাম লিখে কালি ভিজে থাকতে থাকতে একটি ব্লটিং পেপার ঐ লেখার উপর চেপে ধর। দেখবে ব্লটিং পেপারের উপরে লেখা উল্টিয়ে গেছে। এখন ঐ ব্লটিং পেপারকে আয়নার সামনে ধ'রলে ঐ লেখা উল্টিয়ে যায় এবং তুমি প'ড়তে পার। 86 নং চিত্রে PHYSICS কথাটির এইরূপ আচরণ দেখানো হ'য়েছে ; প্রতিবিম্বের এইরূপ পরিবর্তনকে পার্শ্বীয় পরিবর্তন বলে। **দর্পণ থেকে বস্তু ও প্রতিবিম্বের দূরত্ব সমান হওয়ার জন্য পার্শ্বীয় পরিবর্তন ঘটে।**



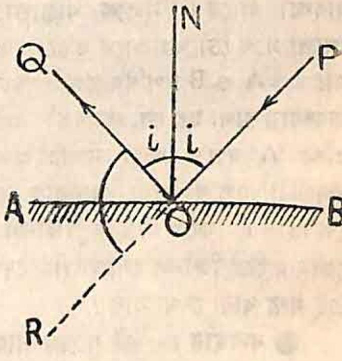
চিত্র 86

● **প্রতিসম বস্তুর প্রতিবিম্বে পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয় না।**

(i) B, C, D, F, P— এই অক্ষরগুলি প্রতিসম না হওয়ায় ইহাদের প্রতিবিম্বে পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয়।

(ii) A, H, M, O, T—এই অক্ষরগুলি প্রতিসম হওয়ায় ইহাদের প্রতিবিম্বে পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয় না।

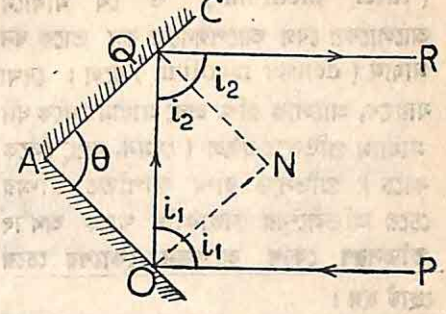
● **প্রতিফলনের জন্য আলোক রশ্মির চ্যুতি :** মনে করি PO রশ্মি AB দর্পণের O বিন্দুতে আপতিত হ'য়ে OQ পথে প্রতিফলিত হয় (চিত্র 87)। তাহ'লে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী $\angle PON = \angle NOQ = i$। AB দর্পণ না থাকলে PO রশ্মি POR পথে সোজা চ'লে যেত। দর্পণ থাকার জন্য PO রশ্মি প্রতিফলিত হ'য়ে OQ পথে যায়। সুতরাং প্রতিফলনের জন্য PO রশ্মির চ্যুতি $= \angle QOR$। আবার $\angle QOR = 180° - \angle POQ = 180° - 2i$। কাজেই, PO রশ্মির চ্যুতি কোণের মান, $D = 180° - 2i$।



চিত্র 87

88 নং চিত্রে AO এবং AC দর্পণদ্বয় পরস্পরের সঙ্গে θ কোণে আনত। PO রশ্মি AO দর্পণের O বিন্দুতে আপতিত হ'য়ে OQ পথে প্রতিফলিত হয় এবং পুনরায় AC দর্পণের উপর Q বিন্দুতে আপতিত হয়। আবার AC দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হ'য়ে QR পথে যায়। প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী, $\angle PON = \angle NOQ = i_1$ এবং $\angle OQN = \angle NQR = i_2$। কাজেই O বিন্দুতে প্রতিফলনের জন্য PO রশ্মির কৌণিক চ্যুতি $= 180° - 2i_1$ এবং Q বিন্দুতে প্রতিফলনের জন্য OQ রশ্মির কৌণিক চ্যুতি $= 180° - 2i_2$। কাজেই রশ্মিটির মোট কৌণিক চ্যুতি $= (180° - 2i_1) + (180° - 2i_2) = 360° - 2(i_1 + i_2)$।

আবার $\triangle ONQ$ ত্রিভুজে, $(i_1+i_2)=180°-\angle ONQ$ এবং AONQ চতুর্ভুজে, $\theta=180°-\angle ONQ$, কেননা চতুর্ভুজের চারটি কোণ একত্রে চার সমকোণের সমান। কিন্তু $\angle AQN$ ও $\angle AON$ প্রত্যেকেই এক সমকোণ। সুতরাং, $i_1+i_2=\theta$ এবং প্রতিফলনের পর PQ রশ্মির মোট কৌণিক চ্যুতি $=360°-2\theta$। দর্পণদ্বয় পরস্পর সমকোণে আনত থাকলে $\theta=90°$ এবং মোট কৌণিক চ্যুতি $=360°-2\times90°=180°$।



চিত্র 88

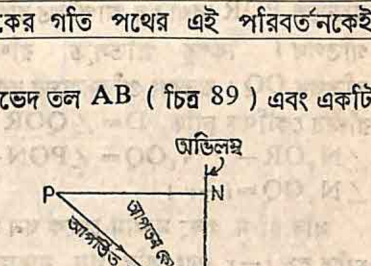
অর্থাৎ রশ্মি যে পথে আপতিত হয়, দর্পণদ্বয় দ্বারা প্রতিফলনের পর তার সমান্তরালে বিপরীত মুখে যায়।

4·6. আলোকের প্রতিসরণ [REFRACTION OF LIGHT]

কোন এক মাধ্যম থেকে আলোক রশ্মি যখন ঐ মাধ্যম ও অপর কোন মাধ্যমের বিভেদ তলের উপর তির্যকভাবে আপতিত হয় তখন ইহার কিছু অংশ দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করে এবং এই প্রবিষ্ট অংশের গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। দ্বিতীয় মাধ্যমে আলোক রশ্মির গতির অভিমুখের এই পরিবর্তনকে **আলোকের প্রতিসরণ** বলে।

● **সংজ্ঞা :** আলোক যখন এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন আলোকের গতি পথ পরিবর্তিত হয়। আলোকের গতি পথের এই পরিবর্তনকেই **প্রতিসরণ বলে।**

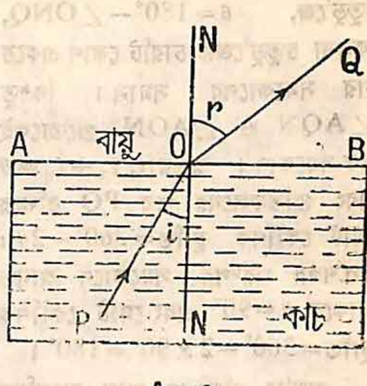
মনে করি, বায়ু মাধ্যম ও কাচ মাধ্যমের বিভেদ তল AB (চিত্র 89) এবং একটি আলোক রশ্মি PO বায়ু মাধ্যম থেকে AB এর উপর O বিন্দুতে তির্যকভাবে আপতিত হয় ও কাচ মাধ্যমে OR বরাবর প্রতিসৃত হয়। তাহ'লে PO আপতিত (incident) রশ্মি, OR প্রতিসৃত (refracted) রশ্মি এবং O আপতন বিন্দু (point of incidence)। মনে করি, AB রেখার উপর O বিন্দুতে NN′ লম্ব। তাহ'লে আপতন বিন্দুতে বায়ু ও কাচ মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব NN′। আপতিত রশ্মি অভিলম্বের সঙ্গে যে কোণ করে অর্থাৎ $\angle PON$



চিত্র 89

আপতন কোণ, প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের সঙ্গে যে কোণ করে অর্থাৎ $\angle RON'$

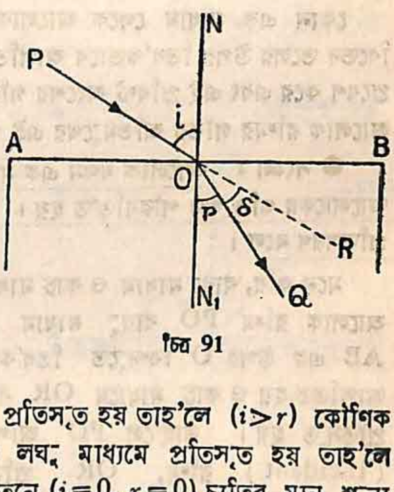
প্রতিসরণ কোণ। যে মাধ্যমে আলোকের বেগ অপেক্ষাকৃত বেশি তাকে **লঘু মাধ্যম** (rarer medium) ও যে মাধ্যমে আলোকের বেগ অপেক্ষাকৃত কম তাকে **ঘন মাধ্যম** (denser medium) বলে। দেখা যায় যে, আলোক রশ্মি লঘু মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে (যেমন, বায়ু থেকে কাচে) প্রতিসৃত রশ্মি আপতিত রশ্মির চেয়ে অভিলম্বের কাছাকাছি থাকে অর্থাৎ **প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণের চেয়ে ছোট হয়।**



চিত্র 90

কিন্তু আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে (যেমন কাচ থেকে বায়ুতে) প্রতিসৃত রশ্মি আপতিত রশ্মির চেয়ে অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায় অর্থাৎ **প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণের চেয়ে বড় হয়** (চিত্র 90)।

প্রতিসরণের দরুন আলোক রশ্মির কৌণিক চ্যুতি ঃ 91 নং চিত্রে PO আপতিত রশ্মি, OQ প্রতিসৃত রশ্মি এবং NON_1 দুই মাধ্যমের বিভেদ তল AB এর উপর O বিন্দুতে অভিলম্ব। কাজেই $\angle PON$ = আপতন কোণ $= i$ এবং $\angle N_1OQ =$ প্রতিসরণ কোণ $= r$। PO কে R পর্যন্ত বাড়ালে POR রেখা হয় আপতিত রশ্মির গতিপথ। কিন্তু প্রতিসৃত রশ্মির গতিপথ OQ। সুতরাং প্রতিসরণের দরুন রশ্মির কৌণিক চ্যুতি, $D = \angle QOR = \angle N_1OR - \angle N_1OQ = \angle PON - \angle N_1OQ = i - r$।



চিত্র 91

যদি রশ্মি লঘু মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তাহ'লে $(i > r)$ কৌণিক চ্যুতি হয় $i - r$ এবং যদি ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তাহ'লে $(i < r)$ কৌণিক চ্যুতি হয় $r - i$। লম্ব আপতনে $(i = 0, r = 0)$ চ্যুতির মান শূন্য হয়। আপতন কোণ বাড়তে থাকলে কৌণিক চ্যুতির মানও বাড়তে থাকে।

* **প্রতিসরণের সূত্র** (Laws of refraction)ঃ

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিসৃত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে দুই মাধ্যমের বিভেদ তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এক সমতলে থাকে।

(2) নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক এবং নির্দিষ্ট মাধ্যম যুগলের জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত একটি ধ্রুবক। ইহাকে **স্নেলের সূত্র** (Snell's law)-ও বলে। যদি i = আপতন কোণ এবং r = প্রতিসরণ

* ইহা সিলেবাস বহির্ভূত।

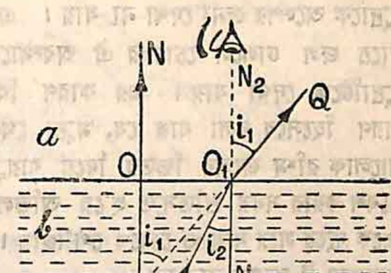
কোণ হয় তবে $\frac{\sin i}{\sin r}$ = ধ্রুবক। এই ধ্রুবককে প্রথম মাধ্যমের (যে মাধ্যম দিয়ে রশ্মি আপতিত হয়) তুলনায় দ্বিতীয় মাধ্যমের (যে মাধ্যমে রশ্মি প্রতিসৃত হয়) **প্রতিসরাঙ্ক** (refractive index) বলে।

লম্বভাবে আপতিত হ'লে প্রতিসরণের দরুন রশ্মির দিক পরিবর্তন হয় না, সোজা চলে যায়। অর্থাৎ $i=0°$ হ'লে $r=0°$। বিভিন্ন বর্ণের আলোক রশ্মি একই আপতন কোণে আপতিত হ'লেও উহারা বিভিন্ন কোণে প্রতিসৃত হয়—**লাল আলোকের প্রতিসরণ কোণ হলুদ বা বেগুনি আলোকের প্রতিসরণ কোণের চেয়ে বেশি হয়।**

● **সমতল পৃষ্ঠে আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light at a plane surface) :**

● ঘন মাধ্যমে অবস্থিত কোন বস্তুকে লঘু মাধ্যম থেকে দেখলে মনে হয় যে, বস্তু খানিকটা উপরে উঠে এসেছে। আমরা জানি যে, কোন বস্তুকে দেখতে পাওয়া যায় তখনই যখন ঐ বস্তু থেকে আলোক রশ্মি নির্গত হ'য়ে চোখে পৌঁছায়। এক্ষেত্রে বস্তু থেকে নির্গত আলোক রশ্মি ঘন ও লঘু মাধ্যমের বিভেদ তলের উপর আপতিত হ'য়ে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় ও চোখে পৌঁছায়। কাজেই, বস্তুকে দেখা যায়। কিন্তু এক্ষেত্রে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত রশ্মি বিভেদ তলের উপর আপতন বিন্দুতে অংকিত অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়। তাই বস্তুকে তার প্রকৃত অবস্থান থেকে খানিকটা উপরে মনে হয়।

92নং চিত্রে, P বস্তু ঘন মাধ্যমে অবস্থিত। এই বস্তু থেকে নির্গত PO আলোক রশ্মি লম্বভাবে ঘন মাধ্যম ও লঘু মাধ্যমের বিভেদ তল OO_1 এর O বিন্দুতে আপতিত হয় এবং লঘু মাধ্যমে ON বরাবর সোজাসুজি চ'লে যায়। অপর একটি রশ্মি PO_1 একটু তির্যকভাবে O বিন্দুর কাছাকাছি O_1 বিন্দুতে OO_1 এর উপর আপতিত হয় এবং O_1Q বরাবর প্রতিসৃত হয়। O_1Q কে পশ্চাতে বাড়ালে ইহা PO কে P_1 বিন্দুতে ছেদ করে। এই P_1 বিন্দু থেকে ON এবং O_1Q প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় অপসৃত



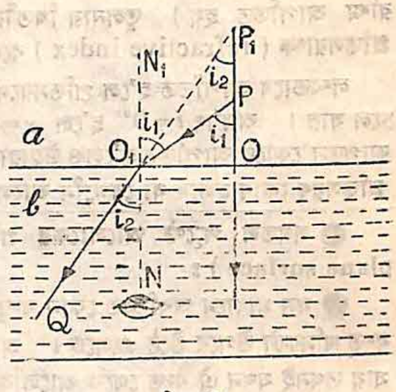
চিত্র 92

হচ্ছে ব'লে মনে হয়। সুতরাং প্রতিসরণের দরুন গঠিত P বিন্দুর অসদ প্রতিবিম্ব হয় P_1। O_1Q এবং ON এর মাঝখানে চোখ রাখলে P বিন্দুকে P_1 বিন্দুতে অবস্থিত ব'লে মনে হয়।

এই কারণেই জলাশয়ের তলায় অবস্থিত কোন বস্তুর গভীরতা কম ব'লে মনে হয়।

● লঘু মাধ্যমে কোন বস্তু রেখে ঘন মাধ্যম থেকে দেখলে বস্তু খানিকটা দূরে সরে যায় ব'লে মনে হয় অর্থাৎ দুই মাধ্যমের বিভেদ তল থেকে বস্তুর প্রকৃত দূরত্বের চেয়ে ইহার প্রতিবিম্বের দূরত্ব বেশি হয়। 93 নং চিত্রে 'a' লঘু মাধ্যমে P একটি

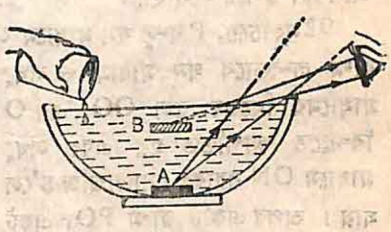
বস্তু। PO রশ্মি লঘু মাধ্যম 'a' ও ঘন মাধ্যম 'b' এর বিভেদতল OO_1 এর উপর O বিন্দুতে আপতিত হ'য়ে ঘন মাধ্যমে সোজাসুজি চ'লে যায়। অপর একটি রশ্মি PO_1 একটু তির্যকভাবে O বিন্দুর কাছাকাছি O_1 বিন্দুতে OO_1 এর উপর আপতিত হ'য়ে O_1Q বরাবর প্রতিসৃত হয়। প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয়কে পশ্চাতে বাড়ালে ইহারা P_1 বিন্দুতে ছেদ করে। এই P_1 বিন্দু থেকে প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয়। ঘন মাধ্যমে সুবিধামত স্থানে চোখ রাখলে P বস্তুকে P_1 বিন্দুতে অবস্থিত ব'লে মনে হয়। এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব P_1 দুই মাধ্যমের বিভেদ-তল থেকে দূরে সরে যায়।



চিত্র 93

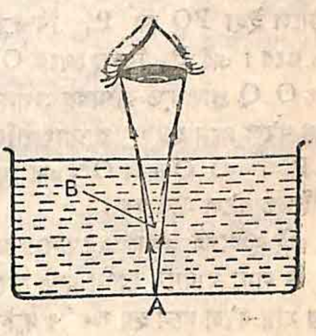
47. প্রতিসরণ দ্বারা প্রাকৃতিক ঘটনার ব্যাখ্যা (Explanation of natural phenomena by refraction) :

● **জলের মধ্যে ডোবানো মুদ্রার অবস্থা :** একটি খালি পাত্রে একটি মুদ্রা A অবস্থানে রাখা হয় (চিত্র 94)। এবার চোখের অবস্থান এমন করা হয় যাতে মুদ্রাকে অল্পের জন্য দেখা না যায়। এখন পাত্রে জল ঢাললে চোখের ঐ অবস্থানেই মুদ্রাটিকে দেখা যায়। এর কারণ কি? কারণ হিসেবে বলা যায় যে, মুদ্রা থেকে আলোক রশ্মি জলের ভিতর দিয়ে বায়ুতে প্রবেশ করার সময় প্রতিসৃত হ'য়ে অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায় ও চোখে পেঁছায়। এই রশ্মিগুলিকে বাড়িয়ে দিলে মুদ্রার অবস্থান B স্থানে মনে হয়।



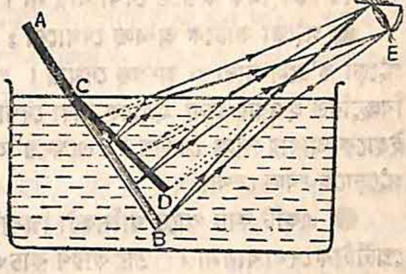
চিত্র 94

● **জলের গভীরতা কমে যাওয়া :** জলের ভিতর দিয়ে সোজাসুজি জলের তলদেশকে দেখলে মনে হয় যে, ইহা খানিকটা উপরে উঠে এসেছে। 95 নং চিত্রে A বিন্দু থেকে আলোকরশ্মি জলের ভিতর দিয়ে বায়ুতে প্রতিসৃত হ'য়ে চোখে পেঁছায়। বায়ুর চেয়ে জল ঘন মাধ্যম হওয়ায় প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়। এই প্রতিসৃত রশ্মিগুলিকে বাড়িয়ে দিলে A বিন্দুর অবস্থান B বিন্দুতে ব'লে মনে হয়। এই কারণে জলাশয়ের গভীরতা অনেক সময় কম ব'লে মনে হয়।



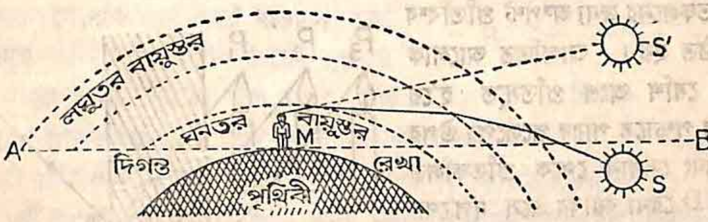
চিত্র 95

● **আনতভাবে আংশিক ডোবানো লাঠিকে বাঁকা মনে হওয়া ঃ** একটি সোজা লাঠি AB কে পাত্রের জলে আনতভাবে ডোবানো হয় (চিত্র 96)। লাঠি যেখানে জলতলকে স্পর্শ করে সেখানে ইহা বেঁকে গেছে ব'লে মনে হয়। লাঠির যে অংশ জলের উপরে আছে সেখান থেকে আলোক রশ্মি সরাসরি চোখে প্রবেশ করে। আর লাঠির ডোবানো অংশ ঘন মাধ্যম জলে অবস্থিত হওয়ায় এই ডোবানো অংশ থেকে আলোক রশ্মি জলের ভিতর দিয়ে প্রতিসৃত হ'য়ে চোখে পেঁছায় ও প্রতিসৃত হওয়ার সময় অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়। ফলে লাঠির ডোবানো অংশের প্রত্যেকটি বিন্দুই উপর দিকে উঠে যায় ব'লে মনে হয় এবং লাঠিকে বাঁকা দেখায়।



চিত্র 96

● ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় ততই বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব কমতে থাকে। সুতরাং সূর্য, চন্দ্র, নক্ষত্র ইত্যাদি থেকে আগত রশ্মিকে বিভিন্ন ঘনত্বের



চিত্র 97

বায়ুস্তর অতিক্রম ক'রতে হয়। তাই ঐ আলোকরশ্মি যখন চোখে পেঁছায় তখন বস্তুগুলিকে ইহাদের প্রকৃত অবস্থান থেকে কিছুটা উপরে দেখায়। এই কারণেই সূর্য বা চন্দ্রকে ওঠার একটু আগে এবং অস্ত যাবার একটু পরেও দেখা যায়। 97 নং চিত্রে AMB দিগন্ত রেখা, ইহার নীচে S সূর্যের অবস্থান। সূর্য থেকে নির্গত আলোক রশ্মি উপরের লঘুতর স্তর থেকে নীচের ঘনতর স্তরের মধ্য দিয়ে পৃথিবীতে পেঁছায়। ফলে আলোক রশ্মির বারবার প্রতিসরণ ঘটে ও প্রতিসৃত রশ্মি ক্রমাগত অভিলম্বের দিকে সরতে থাকে ; অবশেষে আলোক রশ্মি বাঁকা পথে M বিন্দুতে অবস্থিত কোন ব্যক্তির চোখে পেঁছায় এবং ব্যক্তি সূর্যকে প্রতিসৃত রশ্মি বরাবর S' অবস্থানে দেখতে পায়।

অনুরূপভাবে, নক্ষত্রগুলি কেন ঝিকমিক করে তাও ব্যাখ্যা করা যায়। বায়ুর যে কোন স্তরের ঘনত্ব অনবরত পরিবর্তিত হয়। ফলে নক্ষত্র থেকে আগত আলোক রশ্মির প্রাবল্য কোন বিন্দুতে কখনও বেশি হয়, কখনও বা কম হয়। তাই একজন স্থির ব্যক্তির কাছে নক্ষত্রগুলি ঝিকমিক ক'রছে বলে মনে হয়। গ্রহগুলি থেকে বেশি

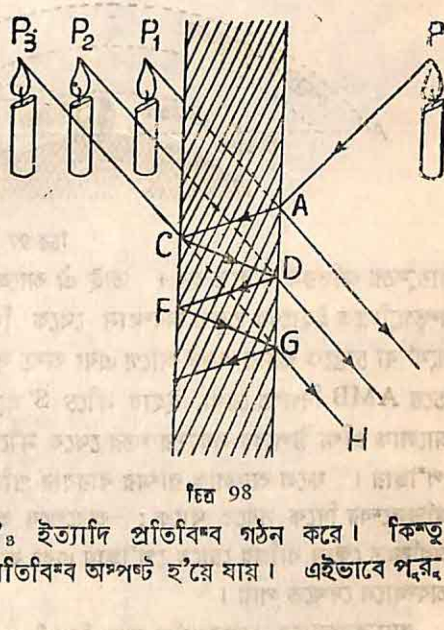
আলোক পৃথিবীতে পৌঁছায় ব'লে আলোক তীক্ষ্ণতার বিশেষ তারতম্য ঘটে না এবং ইহাদের ঝিকমিক ক'রতে দেখা যায় না।

● গুঁড়ো কাচকে অস্বচ্ছ দেখানো ঃ সাধারণত কাচ স্বচ্ছ বস্তু। কিছু কাচকে গুঁড়ো ক'রলে সাদা ও অস্বচ্ছ দেখায়। গুঁড়ো কাচের ছোট ছোট কণা থেকে আলোক বিচ্ছুরিত হওয়ার জন্য ইহাকে সাদা দেখায়। এই গুঁড়ো কাচের উপর জল ঢাললে ইহাকে আবার স্বচ্ছ দেখায়। এক্ষেত্রে আলোক রশ্মি প্রতিসৃত হয় ব'লে কাচের গুঁড়োকে স্বচ্ছ দেখায়।

● একটি কাচ পাত্রে খানিকটা গ্লিসারিন নিয়ে উহাতে একটি কাচের প্লেট রাখলে প্লেটটিকে দেখা যায় না। তার কারণ কাচ ও গ্লিসারিনের প্রতিসরণ ক্ষমতা সমান ও উহারা একই মাধ্যমের ন্যায় আচরণ করে। তাই কাচ থেকে আলোকের প্রতিসরণ বা প্রতিফলন হয় না। তাছাড়া কাচ ও গ্লিসারিন স্বচ্ছ পদার্থ। তাই প্লেটকে দেখা যায় না।

● **পুরু দর্পণ দ্বারা বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন ঃ** একটি পুরু দর্পণের সামনে একটি মোমবাতি রেখে তির্যকভাবে দেখলে অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়। আলোকের প্রতিফলন ও প্রতিসরণের দরুন এই প্রতিবিম্বগুলি গঠিত হয়।

মনে করি, মোমবাতির P বিন্দু (চিত্র 98) থেকে আলোক রশ্মি দর্পণের উপর A বিন্দুতে আপতিত হয়। ইহার খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হয়। এই প্রতিফলনের জন্য অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব P_1 গঠিত হয়। আপতিত আলোক রশ্মির বেশি অংশ প্রতিসৃত হ'য়ে দর্পণের পশ্চাতে পারদ প্রলেপের উপর পড়ে এবং সেখান থেকে প্রতিফলিত হ'য়ে CD রেখা বরাবর এসে দর্পণের সামনের তলে D বিন্দুতে পড়ে। এই আলোক রশ্মির বেশি অংশ D বিন্দুতে প্রতিসৃত হ'য়ে বায়ুতে যায় ও ইহার জন্য P_2 প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই প্রতিবিম্ব খুব স্পষ্ট হয় এবং সাধারণত ইহাকেই দেখা যায়। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ প্রতিফলিত হয় এবং একইভাবে বারবার প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হ'য়ে P_3 ইত্যাদি প্রতিবিম্ব গঠন করে। কিন্তু আলোকের তীব্রতা ক্রমশ কমতে থাকায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হ'য়ে যায়। এইভাবে পুরু দর্পণে কতকগুলি প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।



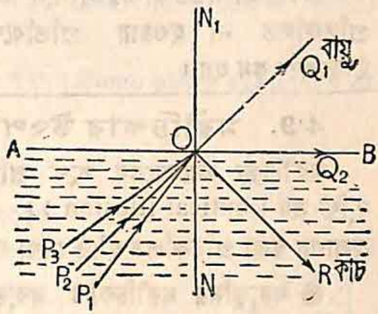
চিত্র 98

4·8. পূর্ণ প্রতিফলন ও সঙ্কট কোণ (Total reflection and critical angle) ঃ

আলোক রশ্মি লঘু মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে আপতন কোণ যাই

হোক না কেন ইহার কিছু অংশ দুই মাধ্যমের বিভেদতল থেকে প্রতিফলিত হয় এবং বেশি অংশ ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়। কিন্তু আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে গেলে সব আপতন কোণের জন্য প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত রশ্মি পাওয়া যায় না। নীচে এই ঘটনা ব্যাখ্যা করা হ'য়েছে।

মনে করি, বায়ু ও কাচের বিভেদতল AB (চিত্র 99)। P_1O রশ্মি কাচ মাধ্যম থেকে AB এর উপর O বিন্দুতে আপতিত হয়। ইহার বেশির ভাগ বায়ু মাধ্যমে OQ_1 বরাবর প্রতিসৃত হয় এবং কিছু অংশ কাচ মাধ্যমে প্রতিফলিত হয়। AB এর উপর O বিন্দুতে NON_1 লম্ব। সুতরাং $\angle P_1ON$ আপতন কোণ এবং $\angle N_1OQ_1$ প্রতিসরণ কোণ। এই অবস্থায় আপতন কোণকে বাড়ালে প্রতিসরণ কোণও বাড়ে যতক্ষণ না প্রতিসরণ কোণ 90° হয় অর্থাৎ প্রতিসৃত রশ্মি বিভেদ তল ঘেঁষে যায়। চিত্রে আপতিত রশ্মির P_2O অবস্থানের জন্য প্রতিসৃত রশ্মি AB বিভেদতল ঘেঁষে OQ_2 বরাবর যায়। এবার আপতন কোণকে আর একটু বাড়ালে বায়ু মাধ্যমে রশ্মির কোন অংশই প্রতিসৃত হয় না, সমগ্র রশ্মিই বিভেদ তল থেকে কাচ মাধ্যমে প্রতিফলিত হয়। এই ঘটনাকে **পূর্ণ প্রতিফলন** বলে। 99 নং চিত্রে সমগ্র P_3O রশ্মি AB বিভেদ তল থেকে OR বরাবর প্রতিফলিত হ'য়েছে।



চিত্র 99

● **সংকট কোণ :** আলোক রশ্মি যখন ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন ঘন মাধ্যমে যে আপতন কোণের জন্য প্রতিসৃত রশ্মি দুই মাধ্যমের বিভেদতল ঘেঁষে যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ 90° হয় সেই আপতন কোণকে ঐ মাধ্যম যুগলের জন্য **সংকট কোণ** বলে। 94 নং চিত্রে $\angle P_2ON$ সংকট কোণ।

● **সংজ্ঞা :** আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে যাবার সময় আপতন কোণ সংকট কোণের চেয়ে বড় হ'লে ঘন মাধ্যমে অবস্থিত আপতিত রশ্মির পুরোটাই সম্পূর্ণরূপে ঘন মাধ্যমে প্রতিফলিত হয়। এই ঘটনাকে পূর্ণ প্রতিফলন বা আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন বলে। **সংকট কোণের মান আলোকের বর্ণ এবং মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।** সংকট কোণ কাচ ও বায়ুর মধ্যে প্রায় 42° এবং জল ও বায়ুর মধ্যে প্রায় 49°।

● **পূর্ণ প্রতিফলনের শর্ত :** (i) আলোক রশ্মিকে ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে যেতে হয়। (ii) আপতন কোণকে মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণের চেয়ে বড় হ'তে হয়।

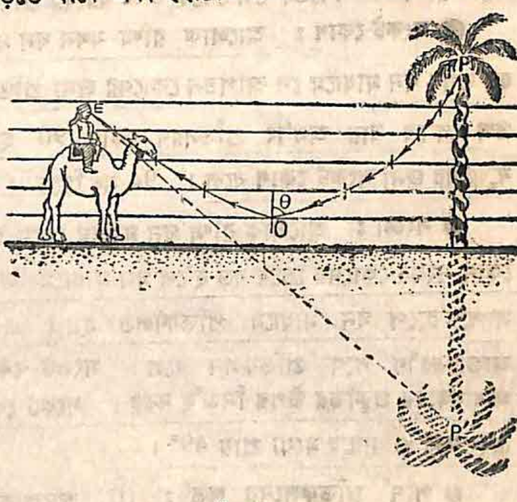
● **সাধারণ প্রতিফলন ও আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের পার্থক্য ঃ**

সাধারণ প্রতিফলন	আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন
(1) যে কোন মাধ্যম থেকে অপর কোন মাধ্যমে আলোক আপতিত হ'লে সাধারণ প্রতিফলন হয়।	(1) কেবলমাত্র ঘনতর মাধ্যম থেকে লঘুতর মাধ্যমে আলোক আপতিত হ'লে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।
(2) যে কোন আপতন কোণের জন্য সাধারণ প্রতিফলন হয়।	(2) যদি আপতন কোণ দুই মাধ্যমের সংকট কোণের চেয়ে বড় হয় তবেই আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।
(3) আপতিত রশ্মির সম্পূর্ণ অংশ প্রতিফলিত না হওয়ায় প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা কম হয়।	(3) আপতিত রশ্মির সম্পূর্ণ অংশ প্রতিফলিত হওয়ায় প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা বেশি হয়।

4·9. মরীচিকার উৎপত্তি (Formation of a mirage) ঃ

মরীচিকা আলোকের পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত। ইহা এক ধরনের দৃষ্টি-ভ্রম (optical illusion)। এই দৃষ্টি-ভ্রমের জন্য মরুভূমিতে দূরের বস্তুকে জলাশয় দ্বারা প্রতিফলিত হ'তে দেখা যায়।

● **মরুভূমির মরীচিকা ঃ** মরুভূমিতে সূর্যের তাপে উত্তপ্ত বালির সংস্পর্শে যে বায়ুস্তর থাকে তাও খুব উত্তপ্ত হয়। ফলে বালিসংলগ্ন বায়ুস্তরের ঘনত্ব ইহার উপরের স্তরগুলির তুলনায় কম হয়। অর্থাৎ বালি থেকে যত উপরে ওঠা যায় ততই উপরের স্তরগুলির ঘনত্ব ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং ইহাদের প্রতিসরণ ক্ষমতাও বাড়তে থাকে। দূরের কোন গাছের P বিন্দু থেকে নীচের দিকে আগত আলোক রশ্মি ঘন বায়ুস্তর থেকে লঘু বায়ুস্তরে প্রতিসৃত হয় এবং অভিলম্ব থেকে দূরে সার যায় (চিত্র 100)। প্রত্যেক স্তরে আলোক রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে সরতে সরতে অর্থাৎ ক্রমশ বাঁকতে বাঁকতে এমন এক স্তরে (চিত্রে O) আপতিত হয় যে, আপতন কোণ এই স্তর ও ইহার নীচের স্তরের সংকট কোণের চেয়ে বেশি হয়। তখন আলোক রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন



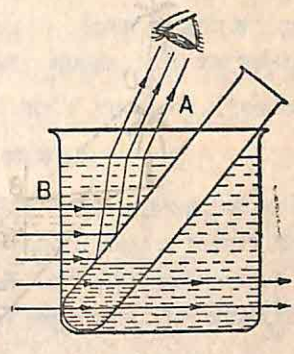
চিত্র 100

হয় এবং প্রতিফলিত রশ্মি উপরের দিকে যেতে থাকে। এবার রশ্মি লঘু স্তর থেকে ঘন স্তরে প্রতিসৃত হওয়ায় অভিলম্বের দিকে বেঁকে যায় ও বিভিন্ন স্তরে ক্রমশ বাঁকতে

বাঁকতে মানুষের চোখে এসে পেঁছায়। চোখ রশ্মির বাঁকা পথ অনুসরণ ক'রতে না পারায় সে রশ্মিকে সোজাসুজি ভু-পৃষ্ঠের P´ বিন্দু থেকে আসতে দেখে। সুতরাং P বিন্দুর প্রতিবিম্ব P′। এইভাবে চোখ সমগ্র গাছের উল্টো প্রতিবিম্ব দেখে। কিছু আলোক রশ্মি গাছ থেকে সোজাসুজি চোখে এসে পেঁছায়। ফলে চোখ গাছকে যথাস্থানে দেখে এবং গাছের নীচে ইহার উল্টো প্রতিবিম্ব দেখে। তাই ব্যক্তির মনে হয় যে, সামনে কোথাও (চিত্রে O স্থানে) জলাশয় আছে এবং সেই জলে গাছের প্রতিবিম্ব গঠিত হ'য়েছে, যদিও প্রকৃতপক্ষে সেখানে কোন জলাশয় নেই। উষ্ণতার অনবরত পরিবর্তনের জন্য বায়ুর বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক সর্বদা পরিবর্তিত হয়। তাই জলে গঠিত প্রতিবিম্ব বায়ু প্রবাহের জন্য যেমন আন্দোলিত হয় মরুভূমির ঐ প্রতিবিম্বকেও ঠিক তেমনি আন্দোলিত হ'তে দেখা যায়। চোখের এইরূপ দৃষ্টিভ্রমই **মরীচিকা।**

● **পূর্ণ প্রতিফলনের অপর কয়েকটি উদাহরণ (Some other examples of total internal reflection) ঃ**

● একটি কাচ পাত্রে জল নিয়ে ইহাতে একটি আংশিক জলপূর্ণ পরীক্ষানলকে আনতভাবে রেখে উপর থেকে দেখলে পরীক্ষানলের যে অংশে জল নেই সেই অংশকে চকচকে দেখায়। বাইরে থেকে আলোক রশ্মিগুলি কাচ পাত্র ও জলের ভিতর দিয়ে এসে পরীক্ষানলের দেওয়ালে পড়ে এবং কিছু রশ্মি সংকট কোণের চেয়ে বেশি কোণে আপতিত হয়। ফলে আলোকের পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে। পূর্ণ প্রতিফলিত রশ্মি চোখে প্রবেশ করায় পরীক্ষানলের খালি অংশকে চকচকে দেখায় (চিত্র 101)।



চিত্র 101

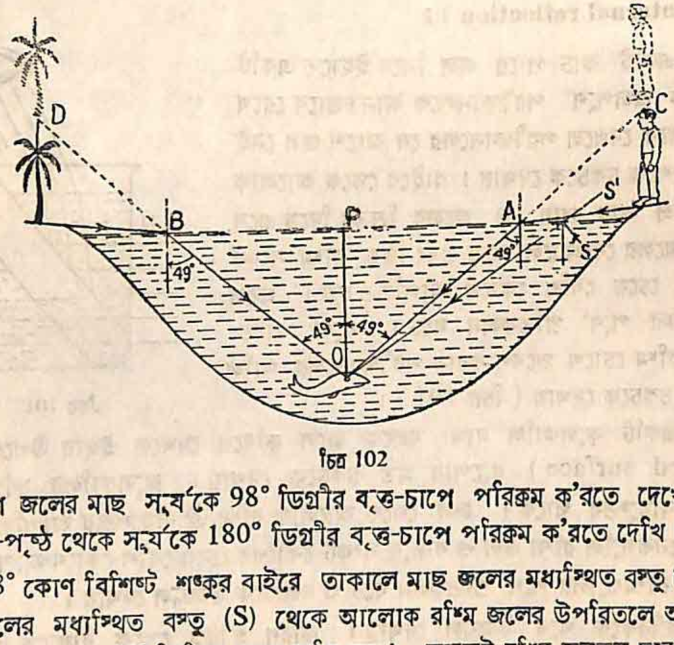
● একটি ঝুলকালি মাখা বলকে জলে ডুবিয়ে দেখলে ইহার উপরের বক্রতল (curved surface) রূপোর মত চকচকে দেখায়। ঝুলকালির ফাঁকে ফাঁকে অনেক বায়ুস্তর থাকে। জল থেকে আলোক রশ্মি ঐ বায়ুস্তরে আপতিত হওয়ার সময় অনেকগুলি রশ্মি জল ও বায়ুর সংকট কোণের চেয়ে বেশি কোণে আপতিত হয়। ফলে ঐ রশ্মিগুলির পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে ও বলটিকে উজ্জ্বল দেখায়।

● হীরককে খুব উজ্জ্বল দেখায়। কারণ হীরক থেকে বায়ুতে আলোকের প্রতিসরণের সংকট কোণ প্রায় 24·5°। আলোক রশ্মি এই কোণের চেয়ে বেশি কোণে বায়ুতে প্রবেশ ক'রলে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে। হীরককে এমনভাবে কাটা হয় যে, রশ্মি হীরকের বিভিন্ন তলে অনেকবার প্রতিফলিত হ'য়ে মাত্র দু-একটি তল থেকে বেরিয়ে আসে। তাই হীরককে খুবই উজ্জ্বল দেখায়।

● পদ্ম পাতার উপর জল বিন্দুকে মুক্তো বিন্দুর মত উজ্জ্বল দেখায়। পদ্ম পাতায় মোমের ন্যায় এক প্রকার পদার্থের প্রলেপ থাকে। তাই পদ্ম পাতায় জল রাখলে জল ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকার নেয়। এই জলবিন্দুর উপর বাইরে থেকে

আলোক রশ্মি আপতিত হ'লে ইহা জলের ভিতরে প্রতিসৃত হয়। এই রশ্মি জল থেকে বায়ুতে প্রতিসৃত না হ'য়ে পূর্ণ প্রতিফলিত হ'য়ে আমাদের চোখে পেঁছায়। ফলে আমরা জল বিন্দুকে উজ্জ্বল দেখি।

● **জলে মাছের দৃষ্টি ঃ** আমরা জানি যে, জল ও বায়ুর সংকট কোণ 49°। কোন জলাশয়ের তীরে দণ্ডায়মান মানুষ থেকে প্রতিফলিত আলোক-রশ্মি জলের উপরিতল ঘেঁষে জলে প্রবেশ ক'রে মাছের চোখে পেঁছালে জলের মধ্যে প্রতিসরণ কোণ হয় 49° (চিত্র 102)। জলের বাইরে থেকে কোন আলোক-রশ্মি ইহার চেয়ে বেশি কোণে মাছের চোখে পেঁছাতে পারে না। কাজেই, মাছ মানুষকে OAC রেখা বরাবর দেখে। এই রেখা OP-এর সহিত 49° কোণে নত। তেমনি জলাশয়ের ওপর তীরে অবস্থিত একটি গাছকে মাছ OBD রেখা বরাবর দেখে। এই রেখাও OP এর সহিত 49° কোণে নত। তাই জলের বাইরের সব বস্তুই মাছের চোখে (49°+49°)=98° কোণ বিশিষ্ট একটি শঙ্কুর (cone) মধ্যে অবস্থিত ব'লে মনে হয়।



চিত্র 102

এই কারণে জলের মাছ সূর্যকে 98° ডিগ্রীর বৃত্ত-চাপে পরিক্রম ক'রতে দেখে যদিও আমরা ভূ-পৃষ্ঠ থেকে সূর্যকে 180° ডিগ্রীর বৃত্ত-চাপে পরিক্রম ক'রতে দেখি।

ঐ 98° কোণ বিশিষ্ট শঙ্কুর বাইরে তাকালে মাছ জলের মধ্যস্থিত বস্তু দেখবে। কেননা-জলের মধ্যস্থিত বস্তু (S) থেকে আলোক রশ্মি জলের উপরিতলে আপতিত হ'লে আপতন কোণ 49° ডিগ্রির চেয়ে বেশি হয়। কাজেই রশ্মি জলতল দ্বারা পূর্ণ প্রতিফলিত হ'য়ে মাছের চোখে পেঁছায় ও মাছ ঐ বস্তুকে S′ অবস্থানে দেখে। তাই মাছের চোখের কাছে সমগ্র জল তল দর্পণের ন্যায় আচরণ করে এবং ঐ দর্পণে একটি ছিদ্র থাকে যার ব্যাসার্ধ AP বা BP। এই ছিদ্র দিয়ে মাছ জলের বাইরের বস্তু দেখে।

4·10. আলোকের বেগ (Velocity of light) ঃ

উৎস থেকে নির্গত হ'য়ে আলোক চারদিকে প্রচণ্ড বেগে চলে। শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ প্রতি সেকেন্ডে 1,86,285 মাইল বা $2{\cdot}99774 \times 10^{10}$ সেণ্টিমিটার।

কাজেই কোন স্থানে আলোক জ্বালালে ঐ আলোক এক সেকেন্ডে 1,86,285 মাইল চলে যায়। সূর্য থেকে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 93,000,000 মাইল, তাই সূর্য থেকে পৃথিবীতে আলোক আসতে প্রায় 8 মিনিট সময় লাগে। চন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 2,38,000 মাইল। এই দূরত্ব যেতে আলোকের সময় লাগে প্রায় 1·28 সেকেন্ড। পৃথিবীর পরিধিকে আলোক এক সেকেন্ডে আটবার প্রদক্ষিণ ক'রতে পারে। জেনে রাখবে যে, নভোমণ্ডলে এমন অনেক জ্যোতিষ্ক আছে যাদের দূরত্ব সূর্যের দূরত্বের বহুগুণ। এইসব জ্যোতিষ্ক থেকে পৃথিবীতে আলো আসতে অনেক সময় লাগে। যেমন, পৃথিবীর নিকটতম স্থির নক্ষত্র 'আলফা সেনটাউরী' (Alpha centauri) থেকে ভূ-পৃষ্ঠে আলোক আসতে 4·4 বৎসর সময় লাগে। কাজেই, এই নক্ষত্র আজ ধ্বংস হ'লে ইহার থেকে আলোক আরো 4·4 বৎসর ধ'রে পৃথিবীতে পৌঁছাবে অর্থাৎ পৃথিবী থেকে উহাকে আরো 4·4 বৎসর ধরে দেখা যাবে। কাজেই এমন হ'তে পারে যে, আমরা পৃথিবী থেকে যে সব নক্ষত্র দেখছি তাদের অনেকেই হয়তো বহু বৎসর আগে ধ্বংস হ'য়ে গেছে। মাধ্যমের পরিবর্তনের সঙ্গে আলোকের বেগেরও পরিবর্তন ঘটে। ঘনতর মাধ্যমে আলোকের বেগ কম ও লঘুতর মাধ্যমে বেশি। মনে রাখবে যে, মহাশূন্যে সব বর্ণের আলোকের গতিবেগ সমান। কিন্তু যে কোন মাধ্যমে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের গতিবেগ বিভিন্ন। **স্বচ্ছ কাচ মাধ্যমে লাল আলোকের গতিবেগ সবচেয়ে বেশি, বেগুনির সবচেয়ে কম।** সব বর্ণের আলোকের বেলাতেই মহাশূন্যে গতিবেগের তুলনায় কোন মাধ্যমে গতিবেগ কম হয়।

আলোকের বেগ প্রচণ্ড হওয়ায় ইহার বেগ নির্ণয়ের প্রথম প্রচেষ্টাগুলি ব্যর্থ হয়। 1670 খ্রীষ্টাব্দে ডেনমার্কের জ্যোতির্বিজ্ঞানী রোমার (Romer) আলোকের বেগ প্রথম নির্ণয় করেন। রোমারের পর ফুকো (Foucault), ফিজো (Fizeau), মাইকেলসন (Michelson), অ্যান্ডারসন (Anderson) প্রমুখ বিজ্ঞানীরা আলোকের বেগ নির্ণয় করার জন্য বিভিন্ন ধরনের পরীক্ষা করেন।

মনে রাখবে যে, এই বিশ্বজগতে কোন বস্তু বা শক্তি আলোকের বেগের চেয়ে বেশি বেগে চলতে পারে না। কাজেই এই বিশ্বে **আলোকের গতিবেগই চরম মান।**

বিভিন্ন মাধ্যমে আলোকের বেগ বিভিন্ন। শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ ও অপর যে কোন মাধ্যমে আলোকের বেগের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক (absolute refractive index) বলে। অর্থাৎ $\mu = \dfrac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ}}{\text{মাধ্যমে আলোকের বেগ}}$।

যেহেতু শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ যে কোন মাধ্যমের চেয়ে বেশি, তাই μ এর মান সর্বদা 1-এর বেশি হয়।

এখানে একটা কথা বলা প্রয়োজন যে, মাধ্যমের ঘনত্ব (একক আয়তনের ভর) ও উহার আলোকীয় ঘনত্ব এক জিনিস নয়। প্যারাফিন তেল, তার্পিন তেল, অলিভ তেল ইত্যাদির ঘনত্ব জলের চেয়ে কম, কিন্তু উহাদের আলোকীয় ঘনত্ব জলের চেয়ে বেশি। যেমন প্যারাফিন তেলের ঘনত্ব 0·8 গ্রাম/সি.সি. এবং জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/সি.সি. কিন্তু উহাদের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1·44 ও 1·33।

উদাহরণ 4·5. ঃ আলোকের বেগ জলে ও শূন্য মাধ্যমে যথাক্রমে $2·26 \times 10^8$ মিটার/সেকেণ্ড এবং $3·00 \times 10^8$ মিটার/সেকেণ্ড হ'লে জলের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর,

সমাধান ঃ জলের প্রতিসরাঙ্ক = $\dfrac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ}}{\text{জল মাধ্যমে আলোকের বেগ}}$

$$= \frac{3·00 \times 10^8}{2·26 \times 10^8} = 1·33$$

● **আলোক বর্ষ** (Light year) ঃ আলোক এক বছর সময়ে যে দূরত্ব যায় তাকে **আলোক বর্ষ** বলে। সুতরাং

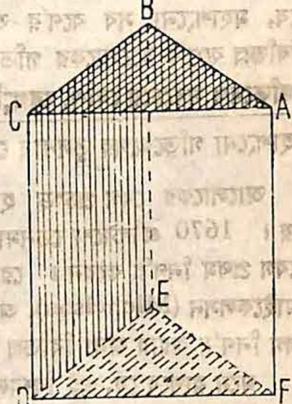
$$1 \text{ আলোক বর্ষ} = 2·9979 \times 10^8 \times 24 \times 60 \times 60 \times 365 \text{ মিটার}$$
$$= 9·45 \times 10^{15} \text{ মিটার}$$

অথবা
$$1 \text{ আলোক বর্ষ} = 186171 \times 24 \times 60 \times 60 \times 365 \text{ মাইল}$$
$$= 5·87 \times 10^{12} \text{ মাইল}$$

[শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ = $2·9979 \times 10^8$ মিটার/সেকেন্ড
= 186171 মাইল/সেকেন্ড]

4.10. প্রিজম (Prism) ঃ

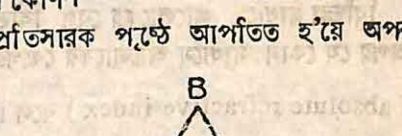
তিনটি আয়তাকার পৃষ্ঠতল ও দুটি ত্রিভুজাকার পার্শ্বতল দ্বারা সীমাবদ্ধ কোন স্বচ্ছ মাধ্যমকে **প্রিজম** বলে (চিত্র 103)। সাধারণত প্রিজমের তিনটি আয়তাকার পৃষ্ঠের দুটি খুব মসৃণ ও তৃতীয়টি অমসৃণ বা ঘষা হয়। মসৃণ পৃষ্ঠদ্বয়কে **প্রতিসারক পৃষ্ঠ** (*refracting face*) এবং অমসৃণ পৃষ্ঠকে **ভূমি** (*base*) বলে। প্রতিসারক পৃষ্ঠদ্বয় যে সরল রেখায় ছেদ করে তাকে প্রিজমের শীর্ষরেখা (refracting edge) বলে এবং ইহাদের মধ্যবর্তী কোণকে **প্রিজমের প্রতিসারক কোণ** (*angle of prism*) বলে।



চিত্র 103

চিত্রে ABEF ও CBED প্রতিসারক পৃষ্ঠ এবং BE শীর্ষরেখা। ∠ABC ও ∠DEF প্রিজমের কোণ।

আলোক রশ্মি প্রিজমের যে কোন প্রতিসারক পৃষ্ঠে আপতিত হ'য়ে অপর প্রতিসারক পৃষ্ঠ থেকে নির্গত হয়। নির্গত রশ্মি ভূমির দিকে বেঁকে যায়। প্রিজমের মধ্যে আলোক রশ্মির পথ প্রিজমকে একটি ত্রিভুজাকৃতি তলে ছেদ করে। এই তলকে প্রিজমের **প্রধান ছেদ** (*principal section*) বলে। 104 নং চিত্রে প্রিজমের প্রধান ছেদ ABC। আপতিত রশ্মি PQ প্রধান ছেদের প্রতিসারক পৃষ্ঠ BC এর উপর Q বিন্দুতে আপতিত হ'য়েছে এবং প্রতিসরণের পর অপর প্রতিসারক পৃষ্ঠ AB থেকে RS পথে নির্গত হ'য়েছে।



চিত্র 104

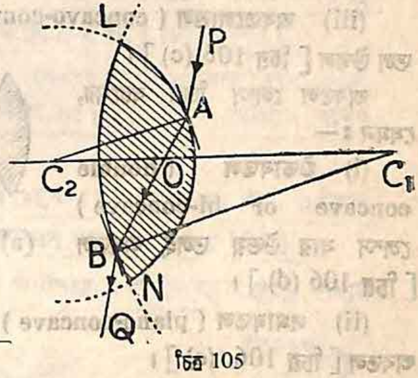
4·11. লেন্স (Lenses)

● **লেন্সের সংজ্ঞা :** দুটি গোলীয় অথবা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তল দ্বারা সীমাবদ্ধ কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে লেন্স বলে। কাচ, কোয়ার্টজ এবং এক বিশেষ ধরনের প্লাস্টিক দ্বারা লেন্স তৈরী করা হয়।

● **বক্রতা কেন্দ্র ও প্রধান অক্ষ** (*Centre of curvature and principal axis*) : লেন্সের দুই তল গোলীয় হ'লে প্রত্যেকটি তল এক একটি নির্দিষ্ট গোলকের অংশ হয়। যে তল যে গোলকের অংশ তার কেন্দ্র ঐ তলের **বক্রতা কেন্দ্র**। সুতরাং **গোলীয় লেন্সের দুটি বক্রতা কেন্দ্র থাকে।**

105 নং চিত্রে C_1 ও C_2 বক্রতা কেন্দ্র। বক্রতা কেন্দ্রদ্বয়কে যুক্ত ক'রে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তাকে লেন্সের **প্রধান অক্ষ** বলে। 105 নং চিত্রে C_1OC_2 সরলরেখা লেন্সের **প্রধান অক্ষ**।

লেন্সের একটি তল গোলীয় এবং অপর তল সমতল হ'তে পারে। সমতল তলের বক্রতা কেন্দ্র অসীমে অবস্থিত। এইরূপ লেন্সের গোলীয় তলের বক্রতা কেন্দ্র থেকে সমতল তলের উপর লম্ব টানলে এই লম্বই হয় লেন্সের প্রধান অক্ষ।



চিত্র 105

● **বক্রতা ব্যাসার্ধ** (*Radius of curvature*) : লেন্সের যে তল যে গোলকের অংশ তার ব্যাসার্ধ ঐ তলের বক্রতা ব্যাসার্ধ। 105 নং চিত্রে LBN তলের বক্রতা ব্যাসার্ধ C_1B ও LAN তলের বক্রতা ব্যাসার্ধ C_2A।

● **আলোক কেন্দ্র** (*Optical centre*) : যদি কোন আলোক রশ্মি লেন্সের মধ্য দিয়ে এমনভাবে যায় যে, আপতিত রশ্মি ও নির্গত রশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল হয়, তাহ'লে লেন্সের মধ্যে ঐ রশ্মির গতিপথ প্রধান অক্ষকে যে স্থির বিন্দুতে ছেদ করে তাকে **আলোক কেন্দ্র** বলে। 105 নং চিত্রে 'O' বিন্দু আলোক কেন্দ্র। লেন্সের তলদ্বয়ের বক্রতা ব্যাসার্ধ সমান হ'লে O বিন্দু ঐ দুই তল থেকেই সমান দূরে থাকে। লেন্সের বেধের পরিমাণ অনুযায়ী আপতিত ও নির্গত সমান্তরাল রশ্মি পরস্পর থেকে কিছুটা সরে যায়। এই ঘটনাকে **পার্শ্বসরণ** (lateral displacement) **বলে।** খুব পাতলা লেন্সের বেলায় এই পার্শ্বসরণ নগণ্য হয় এবং সেক্ষেত্রে আপতিত ও নির্গত রশ্মি একই সরলরেখায় অবস্থান করে। কাজেই পাতলা লেন্সের বেলায় আলোক কেন্দ্রের সংজ্ঞা হিসেবে বলা যায় যে, আলোক কেন্দ্র প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন একটি বিন্দু যার মধ্য দিয়ে কোন আলোক রশ্মি গেলে সেই রশ্মির কোন পার্শ্বসরণ হয় না, রশ্মিটি সোজাসুজি নির্গত হয়।

● **লেন্সের শ্রেণীবিভাগ :** প্রধানত লেন্সগুলিকে দুভাগে ভাগ করা হয়। যেমন (i) **উত্তল** (*convex*) বা **অভিসারী** (*converging*) লেন্স এবং (ii) **অবতল** (*concave*) বা **অপসারী** (*diverging*) লেন্স। উত্তল লেন্স অক্ষের কাছে মোটা। কোন রশ্মি এই লেন্সের মধ্য দিয়ে গেলে ইহা লেন্সের প্রধান অক্ষের দিকে প্রতিসৃত হয়।

অবতল লেন্স অক্ষের কাছে সরু। কোন রশ্মি এই লেন্সের ভিতর দিয়ে গেলে ইহা লেন্সের প্রধান অক্ষ থেকে দূরে প্রতিসৃত হয়। উত্তল লেন্স আবার তিন ধরনের হয়। যেমন :—

(i) **উভোত্তল** (**double convex or bi-convex**) লেন্স যার উভয় তলই উত্তল [চিত্র 106 (a)]।

(ii) **সমোত্তল** (**plano-convex**) লেন্স যার এক তল সমতল ও অপর তল উত্তল [চিত্র 106 (b)]।

(iii) **অবতলোত্তল** (**concavo-convex**) লেন্স যার এক তল অবতল ও অপর তল উত্তল [চিত্র 106 (c)]।

অবতল লেন্স তিন ধরনের, যেমন :—

(i) **উভাবতল** (**double concave or bi-concave**) লেন্স যার উভয় তলই অবতল [চিত্র 106 (d)]।

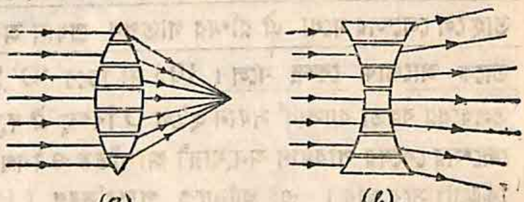

(a) (b) (c) (d) (e) (f)

চিত্র 106

(ii) **সমাবতল** (**plano-concave**) লেন্স যার এক তল সমতল ও অপর তল অবতল [চিত্র 106 (e)]।

(iii) **উত্তলাবতল** (**convexo-concave**) লেন্স যার এক তল উত্তল ও অপর তল অবতল [চিত্র 106 (f)]।

● **উত্তল লেন্স অভিসারী লেন্স :** যে কোন উত্তল লেন্সকে অসংখ্য ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি ব'লে ধরা যেতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রের দিকে থাকে [চিত্র 107(a)]। আলোক রশ্মি কাচের প্রিজমের ভিতর দিয়ে গেলে ইহা প্রিজমের ভূমির দিকে বেঁকে যায়। সুতরাং সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের উপর আপতিত হ'লে লেন্স গঠনকারী প্রিজমগুলি ঐ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে একটি বিন্দুতে কেন্দ্রভূত করে অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী হয়। তাই উত্তল লেন্সকে **অভিসারী লেন্স** বলে।

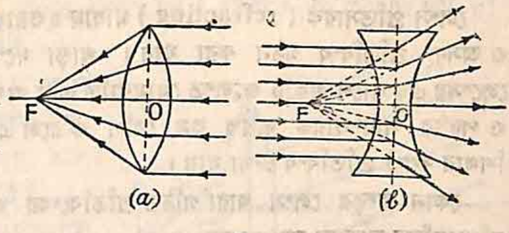

(a) (b)

চিত্র 107

● **অবতল লেন্স অপসারী লেন্স :** যে কোন অবতল লেন্সকেও অসংখ্য ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি ব'লে ধরা যেতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের প্রান্তের

দিকে থাকে [107 (b)]। ফলে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ এই লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হওয়ার পর মনে হয় যেন ইহারা কোন একটি বিন্দু থেকে অপসৃত হয়। তাই অবতল লেন্সকে **অপসারী লেন্স** বলে।

● **মুখ্য ফোকাস (Principal focus) :** মুখ্য ফোকাস লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর এমন একটি বিন্দু যে, সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে এসে লেন্সের উপর আপতিত হ'য়ে লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর ঐ বিন্দুতে মিলিত হয় (উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে) অথবা ঐ বিন্দু থেকে অপসৃত (অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে) হচ্ছে ব'লে মনে হয় (চিত্র 108)।

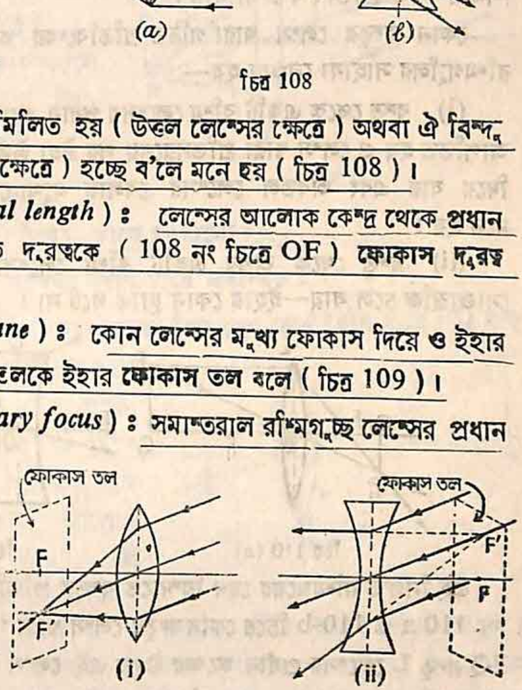


চিত্র 108

● **ফোকাস দূরত্ব : (*Focal length*) :** লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান অক্ষ বরাবর মুখ্য ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে (108 নং চিত্রে OF) **ফোকাস দূরত্ব** (*focal length*) বলে।

● **ফোকাস তল (*Focal plane*) :** কোন লেন্সের মুখ্য ফোকাস দিয়ে ও ইহার প্রধান অক্ষের লম্বভাবে কল্পিত তলকে ইহার **ফোকাস তল** বলে (চিত্র 109)।

● **গৌণ ফোকাস (*Secondary focus*) :** সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত অল্প কোণে নত থেকে লেন্সের উপর আপতিত হ'লে লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর ঐ রশ্মিগুচ্ছ ফোকাস তলে অবস্থিত কোন এক বিন্দুতে মিলিত হয়ে (উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে) অথবা ফোকাস-তলে অবস্থিত কোন এক বিন্দু থেকে অপসৃত (অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে) হচ্ছে ব'লে মনে হয়। ফোকাস-তলে অবস্থিত এই বিন্দুকে লেন্সের **গৌণ ফোকাস** বলে।



চিত্র 109

মনে রাখবে যে, লেন্সের মুখ্য ফোকাস স্থির বিন্দু কিন্তু গৌণ ফোকাস স্থির নয়।

● **পাতলা লেন্স (Thin lens) :** যে লেন্সের গভীরতা ফোকাস দূরত্বের তুলনায় খুবই কম তাকে **পাতলা লেন্স** বলে। পাতলা লেন্সের আলোক কেন্দ্রগামী রশ্মির কোন চ্যুতি বা পার্শ্ব সরণ হয় না। এই রশ্মি সোজা পথে লেন্সের ভিতর দিয়ে যায়।

● **উন্মেষ (Aperture) :** সাধারণত লেন্সের ব্যাসকে ইহার উন্মেষ বলে।

এই পুস্তকে লেন্স সম্পর্কিত সব আলোচনাই পাতলা ও ছোট উন্মেষ বিশিষ্ট লেন্সের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

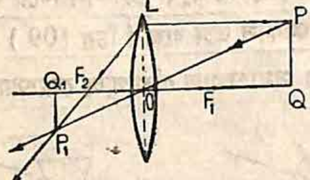
4·12. পাতলা উত্তল ও অবতল লেন্স দ্বারা বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of images by thin convex and concave lenses) :

লেন্স প্রতিসারক (refracting) মাধ্যম হওয়ায় ইহার সাহায্যে কোন বস্তুর সদ্ ও অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠন করা যায়। খাড়া দণ্ডের উপর আটকানো একটি উত্তল লেন্সের একপাশে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি এবং অপর পাশে একটি পর্দা রেখে লেন্স ও পর্দার পারস্পরিক দূরত্ব কম বেশি ক'রলে এক সময় পর্দার উপর মোমবাতির শিখার স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

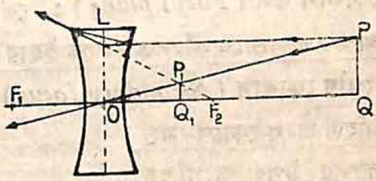
কোন বস্তুর লেন্স দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় করার জন্য নীচের রশ্মিগুলির সাহায্য নেওয়া হয়—

(i) বস্তু থেকে একটি রশ্মি লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে লেন্সের উপর আপতিত হয় ও লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর উহা উত্তল লেন্সের বেলায় মুখ্য ফোকাস দিয়ে যায় এবং অবতল লেন্সের বেলায় মুখ্য ফোকাস থেকে অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয়।

(ii) বস্তু থেকে অপর একটি রশ্মি লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে একই পথে সোজাসুজি চলে যায়—ইহার কোন চ্যুতি ঘটে না।



চিত্র 110 (a)



চিত্র 110 (b)

এই নির্গত রশ্মিদ্বয়ের ছেদ বিন্দুতে বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

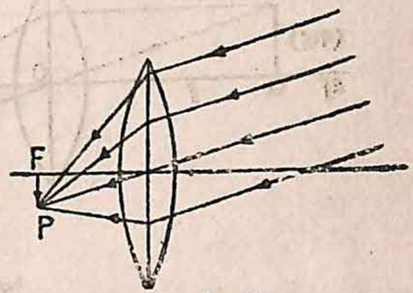
110-a ও 110-b চিত্রে কোন বস্তুর লেন্স দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্ব দেখানো হ'য়েছে। PQ বস্তু L লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর এই লেন্স থেকে ইহার ফোকাস দূরত্বের চেয়ে বেশি দূরে খাড়াভাবে অবস্থিত। এই লেন্সের মুখ্য ফোকাস F_2 এবং আলোক কেন্দ্র O। P বিন্দু থেকে PL রশ্মি লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে এবং PO রশ্মি লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের দিকে যায় ও ইহার উপর আপতিত হয়। উত্তল লেন্সের বেলায় এই রশ্মিদ্বয় লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর P_1 বিন্দুতে মিলিত হয় এবং অবতল লেন্সের বেলায় P_1 বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে ব'লে মনে হয়। P_1 বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর P_1Q_1 লম্ব টানা হয়। এই লম্বই (P_1Q_1) বস্তুর প্রতিবিম্ব।

● **প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি :** প্রধান অক্ষের উপর বস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বিভিন্ন হয়। এই সম্পর্কে পর-পৃষ্ঠায় বিশদভাবে আলোচনা করা হ'য়েছে—

● উত্তল লেন্স ঃ

(a) বস্তু অসীমে অবস্থিত ঃ

অসীমে অবস্থিত বস্তু থেকে নির্গত রশ্মিগুচ্ছকে পরস্পর সমান্তরাল ধরা যায়। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্য কোণে নত অবস্থায় লেন্সের উপর আপতিত হ'লে লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর লেন্সের ফোকাস তলে কোনবিন্দু P-তে মিলিত হয় (চিত্র 111)। কাজেই প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাসতলে অবস্থিত হয়। এই প্রতিবিম্ব সদ্, অবশীর্ষ ও সাইজে খুব ছোট হয়।

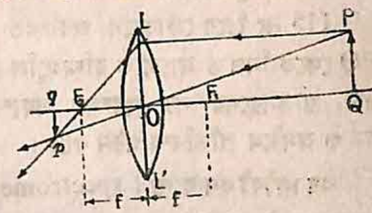


চিত্র 111

উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য (objective) তৈরীর কাজে লাগানো হয়।

(b) বস্তু লেন্স থেকে $2f$ অপেক্ষা বেশি দূরে অবস্থিত ঃ

উত্তল লেন্স LOL′ এর ফোকাস-দূরত্বের দ্বিগুণের চেয়ে বেশি দূরে PQ বস্তু ইহার প্রধান অক্ষের উপর খাড়াভাবে অবস্থিত (চিত্র 112)। PL রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে লেন্সের উপর আপতিত হ'য়ে লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর Lp পথে যায়। অপর একটি রশ্মি (PO) আলোক কেন্দ্র দিয়ে সোজাসুজি চলে যায়। এই প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় p বিন্দুতে ছেদ করে।

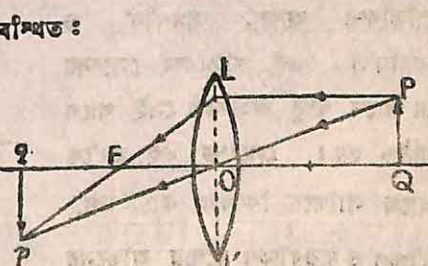


চিত্র 112

প্রধান অক্ষের উপর pq লম্ব টানা হয়। তাহ'লে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব pq। এই প্রতিবিম্ব সদ্, অবশীর্ষ ও বস্তু অপেক্ষা সাইজে ক্ষুদ্রতর। ইহা f ও $2f$ এর মধ্যে অবস্থিত। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে ক্যামেরায় কাজে লাগানো হয়।

(c) বস্তু লেন্স থেকে $2f$ দূরত্বে অবস্থিত ঃ

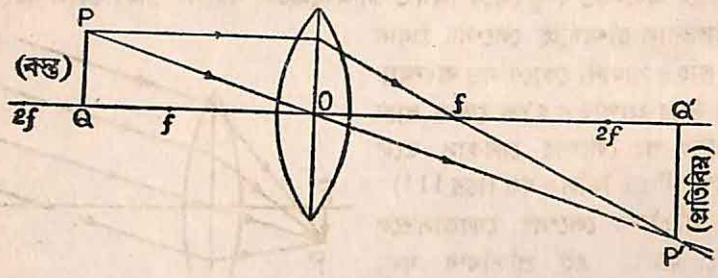
113নং চিত্রে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব pq। এই প্রতিবিম্ব লেন্স থেকে $2f$ দূরে অবস্থিত। ইহা সদ্, অবশীর্ষ ও বস্তুর সাইজের সমান। ভৌম দূরবীক্ষণ যন্ত্রে (terrestrial telescope) লেন্সের এই ধর্মকে কাজে লাগানো হয়।



চিত্র 113

(d) বস্তু f ও $2f$ এর মধ্যে অবস্থিত :

114 নং চিত্রে দেখা যায়, প্রতিবিম্ব $2f$ এর চেয়ে বেশি দূরে অবস্থিত। ইহা

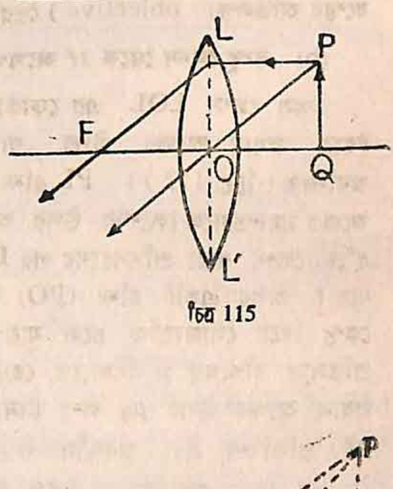


চিত্র 114

সদ্, অবশীর্ষ ও বস্তুর চেয়ে সাইজে বড়। লেন্সের এই ধর্মকে ম্যাজিক লণ্ঠন, অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ইত্যাদি তৈরীর কাজে লাগানো হয়।

(e) বস্তু ফোকাসে অবস্থিত :

115 নং চিত্রে ফোকাসে অবস্থিত বস্তু PQ থেকে নির্গত আলোক রশ্মিগুলি লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর পরস্পর সমান্তরাল হয় ও অসীমে প্রতিবিম্ব গঠন করে।

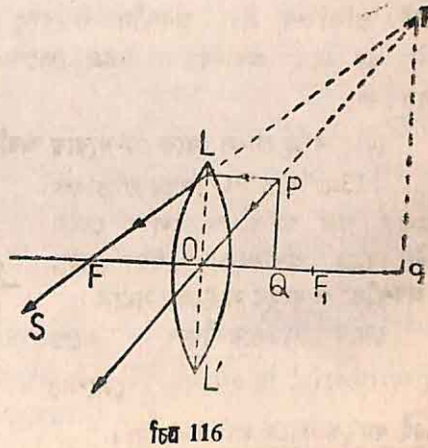


চিত্র 115

বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্রে (spectrometer) লেন্সকে এইভাবে কাজে লাগানে হয়।

(f) বস্তু f ও লেন্সের মধ্যে অবস্থিত :

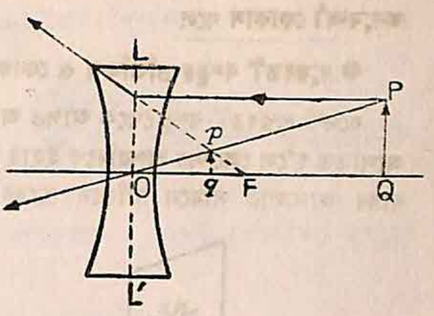
এক্ষেত্রে লেন্স দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্ব অসদ্, সমশীর্ষ ও বিবর্ধিত। এই প্রতিবিম্ব লেন্সের যে পাশে বস্তু অবস্থিত সেই পাশে গঠিত হয়। লেন্সের এই ধর্মকে কাজে লাগিয়ে বিবর্ধক কাচ, অণুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র ইত্যাদি তৈরী করা হয়।



চিত্র 116

● **অবতল লেন্স ঃ**

এই লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর বস্তু যেখানেই অবস্থিত হোক না কেন প্রতিবিম্বের আকৃতি ও প্রকৃতির কোন পরিবর্তন হয় না। প্রতি ক্ষেত্রেই প্রতিবিম্ব অসদ্, সমশীর্ষ ও বস্তুর চেয়ে সাইজে ছোট হয়। ইহা সর্বদা লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত। 117 নং চিত্রে এই প্রতিবিম্বের গঠন ও অবস্থান দেখানো হ'য়েছে।



চিত্র 117

বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের প্রকৃতি
1. বস্তু লেন্স থেকে অসীম দূরত্বে অবস্থিত।	প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাস তলে গঠিত হয়।	অতি ক্ষুদ্র, অবশীর্ষ ও সদ্।
2. বস্তু লেন্স থেকে $2f$ এর চেয়ে বেশি দূরে অবস্থিত।	প্রতিবিম্ব লেন্স থেকে f ও $2f$ এর মধ্যে অবস্থিত।	বস্তুর চেয়ে ছোট, অবশীর্ষ ও সদ্।
3. বস্তু লেন্স থেকে $2f$ দূরে অবস্থিত।	প্রতিবিম্ব লেন্স থেকে $2f$ দূরে অবস্থিত।	বস্তুর সমান, অবশীর্ষ ও সদ্।
4. বস্তু লেন্স থেকে f ও $2f$ এর মধ্যে অবস্থিত।	প্রতিবিম্ব লেন্স থেকে $2f$ এর চেয়ে বেশি দূরে অবস্থিত।	বস্তুর চেয়ে বড়, অবশীর্ষ ও সদ্।
5. বস্তু লেন্সের ফোকাস তলে অবস্থিত।	প্রতিবিম্ব অসীমে অবস্থিত।	বস্তুর চেয়ে খুব বড়, অবশীর্ষ ও সদ্।
6. বস্তু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত।	বস্তু ও প্রতিবিম্ব লেন্সের একই দিকে অবস্থিত।	বস্তুর চেয়ে বড়, সমশীর্ষ ও অসদ্।

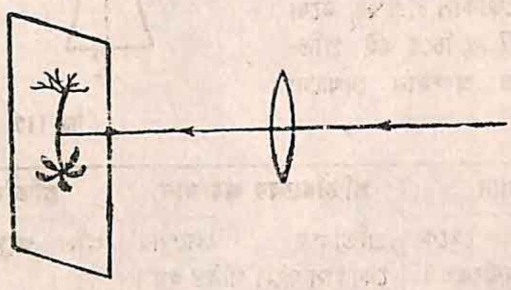
উপরের তালিকা অনুযায়ী দেখা যায় যে, বস্তুকে লেন্স থেকে ফোকাস দূরত্বের চেয়ে বেশি দূরে যে কোন বিন্দুতে রাখলে সদ্বিম্ব এবং ফোকাস দূরত্বের মধ্যে যে কোন বিন্দুতে রাখলে অসদ্বিম্ব গঠিত হয়।

● **অনুবন্ধী ফোকাস (Conjugate foci) ঃ** আমরা জানি যে, বস্তুর অবস্থান যাইহোক না কেন, বস্তু থেকে নির্গত আলোক রশ্মি উত্তল বা অবতল লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করে। আলোক রশ্মির পথ প্রত্যাবর্তনশীল হওয়ায় প্রতিবিম্বের স্থানে বস্তুকে রাখলে বস্তুর স্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। অর্থাৎ

বস্তু ও প্রতিবিম্বের অবস্থান পরস্পর বিনিময় যোগ্য। তাই এই **অবস্থানদ্বয়কে অনুবন্ধী ফোকাস বলে।**

● দূরবর্তী বস্তুর প্রতিবিম্ব ও ফোকাস দূরত্ব :

যথেষ্ট দূরবর্তী বস্তু থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ একটি উত্তল লেন্সের উপর আপতিত হ'লে লেন্সের অপরদিকে ইহার ফোকাস দূরত্বে বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। ঘরের জানালার সামনে দাঁড়িয়ে দূরের গাছ দেখা যায়। একটি উত্তল লেন্সকে



চিত্র 118

জানালার সামনে ধ'রে ধীরে ধীরে জানালার কাছ থেকে দূরে সরালে লেন্সের কোন এক অবস্থানে জানালার বিপরীত দিকের দেওয়ালে গাছের স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এই অবস্থায় লেন্স থেকে দেওয়ালের দূরত্ব মোটামুটি ভাবে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব। এক্ষেত্রে গাছের প্রতিবিম্ব সদ্, অবশীর্ষ ও সাইজে খুব ছোট হয়।

● প্রতিবিম্বের রৈখিক বিবর্ধন (Linear magnification of image) : উপরের আলোচনা থেকে বোঝা যায় যে, উত্তল লেন্সের সামনে ইহার প্রধান অক্ষের উপর বস্তুর অবস্থান অনুযায়ী প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুর তুলনায় ছোট, বড় বা ইহার সমান হ'তে পারে। লেন্সের যে ধর্মের জন্য প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের এইরূপ পরিবর্তন হয় তাকে **লেন্সের বিবর্ধন ক্ষমতা (*magnifying power*)** বলে। **প্রতিবিম্ব ও বস্তুর দৈর্ঘ্যদ্বয়ের অনুপাতকে রৈখিক বিবর্ধন বলে।** অর্থাৎ

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন } (m) = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তুর দৈর্ঘ্য}}$$

$$= \frac{\text{প্রধান অক্ষ বরাবর লেন্স থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্ব}}{\text{প্রধান অক্ষ বরাবর লেন্স থেকে বস্তুর দূরত্ব}}.$$

প্রধান অক্ষ বরাবর আপতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীতে যে দৈর্ঘ্যগুলি মাপা হয় তাদের মাপা হয় তাদের ধনাত্মক এবং আলোকের অভিমুখে যে দৈর্ঘ্যগুলি মাপা হয় তাদের ঋণাত্মক ধরা হয়। প্রতিবিম্ব, m এর মান ধনাত্মক হ'লে সমশীর্ষ ও ঋণাত্মক হ'লে অবশীর্ষ হয়। কাজেই বোঝা যায় যে, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও প্রকৃতি বস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করে।

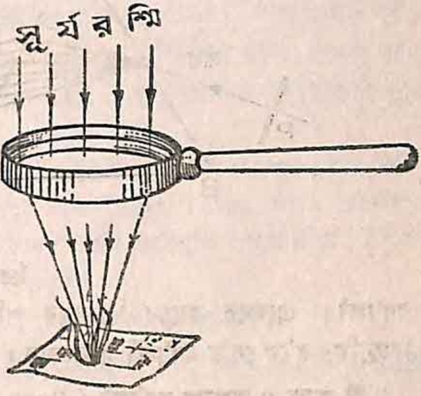
4·13. বিবর্ধক কাচ (Magnifying glass) :

ছোট জিনিসকে স্পষ্ট ও বড় ক'রে দেখার জন্য বিবর্ধক কাচ ব্যবহার করা হয়। এই বিবর্ধক কাচ ধাতু বা প্লাস্টিকের গোলাকার ফ্রেমে আটকানো একটি উত্তল লেন্স (চিত্র 119)।



চিত্র 119

আমরা জানি যে, উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে কোন বস্তুকে রাখলে ইহার একটি বড় ও সোজা প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। কাজেই, কোন ছোট বস্তুকে উত্তল লেন্স দিয়ে দেখলে বড় দেখায়। উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত কম হয় ইহার বিবর্ধন ক্ষমতাও তত বেশি হয়। বিবর্ধক কাচকে অণুবীক্ষণ যন্ত্র (simple microscope)-ও বলা হয়।



চিত্র 120

একটি উত্তল লেন্সকে সূর্যালোকে ধ'রলে সূর্যের রশ্মিগুলি সমান্তরালভাবে লেন্সে আপতিত হয় ও প্রতিসরণের পর লেন্সের ফোকাসে মিলিত হয়। এই ফোকাসে যে উজ্জ্বল আলোক দেখা যায় তা সূর্যের সংকুচিত প্রতিবিম্ব। আলোকের সঙ্গে তাপশক্তিও ঐ ফোকাসে কেন্দ্রীভূত হয়। তাই ফোকাসে যদি একটি দেশলাই কাঠির বারুদ লাগানো অংশ রাখা হয় তাহ'লে অল্প সময়ের মধ্যেই তা জ্বলে ওঠে (চিত্র 120)। যে উত্তল লেন্সকে এইরূপ কাজে ব্যবহার করা হয় তাকে **আতশী কাচ** (*burning glass*) বলে।

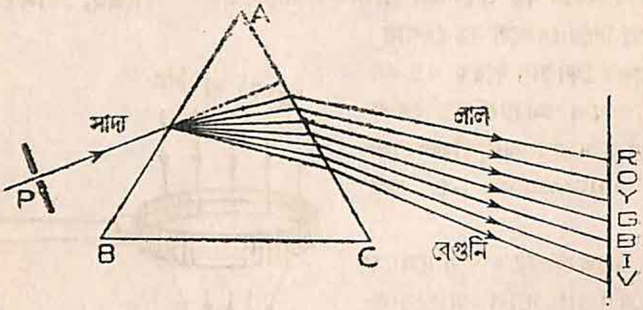
4·14. আলোকের বিচ্ছুরণ (DISPERSION OF LIGHT)

আলোকের বিচ্ছুরণ : স্যার আইজ্যাক নিউটন, 1666 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম দেখান যে, সূর্য রশ্মি (সাদা আলোক) কাচের প্রিজমের মধ্য দিয়ে গেলে সাতটি বর্ণের রশ্মিতে ভাগ হ'য়ে যায়। কাজেই তিনি এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, সাদা আলোক সদৃশ বা সমসত্ত্ব নয়, ইহা কতকগুলি বর্ণবিশিষ্ট রশ্মির সমন্বয়। এই রশ্মিগুলির মধ্যে আবার কতকগুলির প্রতিসরণীয়তা (refrangibility) অপরগুলির তুলনায় বেশি (*"Light is not similar or homogeneal but consists of difform rays, some of which are more refrangible than others."*)।

প্রিজমের মধ্য দিয়ে গেলে সাদা আলোক বিশ্লিষ্ট হ'য়ে সাতটি বর্ণের রশ্মিতে বিভক্ত হয়। এই ঘটনাকে **আলোকের বিচ্ছুরণ** বলে।

সাদা আলোক বেগুনি, গাঢ়নীল, আকাশীনীল, সবুজ, হলুদ, কমলা ও লাল এই সাতটি বর্ণের রশ্মিতে ভাগ হ'য়ে যায়। ইংরেজীতে বলে Violet, Indigo, Blue, Green, Yellow, Orange, Red। বর্ণগুলির ইংরেজী নামের আদ্যাক্ষর পর্যায়ক্রমে নিয়ে সাতটি বর্ণের সমাবেশকে **VIBGYOR** বলা হয়। অনুরূপভাবে বাংলা নামের আদ্যাক্ষর নিয়ে ইহাকে **বেনী আসহকলা** বলা হয়।

সাদা আলোক রশ্মি প্রিজম দ্বারা প্রতিসরণের পর যে সাত রঙের পটি গঠন করে তাকে **বর্ণালী** বলে (চিত্র 121)। জেনে রাখবে যে, **রামধনু** একটি প্রাকৃতিক সৌর



চিত্র 121

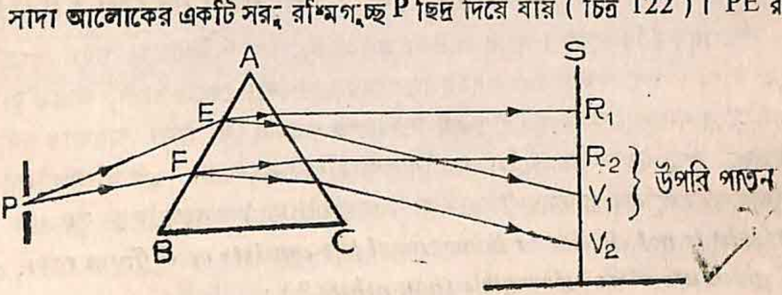
বর্ণালী। এক্ষেত্রে কাচের প্রিজমের পরিবর্তে মেঘের জলবিন্দুগুলিতে সূর্যরশ্মি বিচ্ছুরিত হ'য়ে সৌর বর্ণালী গঠন করে।

● **শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী (Pure and impure spectrum) :**

● **শুদ্ধ বর্ণালী :** যে বর্ণালীতে প্রত্যেক বর্ণকে স্পষ্টভাবে ও পৃথকভাবে দেখা যায় এবং বিভিন্ন বর্ণ আপন আপন স্থান দখল করে তাকে **শুদ্ধ বর্ণালী** বলে।

● **অশুদ্ধ বর্ণালী :** যে বর্ণালীতে এক বর্ণ অপর বর্ণের উপর পড়ে অর্থাৎ যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণকে পৃথক ও স্পষ্টভাবে দেখা যায় না এবং বর্ণগুলিও নিজস্ব স্থান দখল করে না তাকে **অশুদ্ধ বর্ণালী** বলে।

সাদা আলোকের একটি সরু রশ্মিগুচ্ছ P ছিদ্র দিয়ে যায় (চিত্র 122)। PE রশ্মি



চিত্র 122

প্রিজম দ্বারা প্রতিসৃত হ'য়ে পর্দায় $R_1 V_1$ বর্ণালী গঠন করে। PF রশ্মি প্রিজম দ্বারা

প্রতিসৃত হ'য়ে R_2V_2 বর্ণালী গঠন করে। অন্যান্য রশ্মিগুলির বর্ণালী ইহাদের মাঝখানে থাকে। ইহারা একে অন্যের উপর পড়ে ও অশুদ্ধ বর্ণালী সৃষ্টি করে।

● **শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের শর্ত :** শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করার জন্য নীচের শর্তগুলি প্রতিপালিত হওয়া প্রয়োজন :—

(i) যে রেখা ছিদ্রের মধ্য দিয়ে আলোক রশ্মি প্রিজমের উপর পড়ে তাকে খুব সূক্ষ্ম হ'তে হয়। কারণ, ছিদ্র বড় হ'লে অনেক রশ্মি প্রিজমের উপর পড়ে এবং ইহাদের প্রত্যেকের বর্ণালী একে অপরের সঙ্গে মিশে অশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করে।

(ii) ঐ রেখা ছিদ্রকে একটি উত্তল লেন্সের ফোকাসে রাখতে হয়। ইহার দরুন ছিদ্র থেকে নির্গত রশ্মিগুচ্ছ লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়। ফলে একই বর্ণের বিভিন্ন রশ্মিগুচ্ছ প্রিজম থেকে সমান চ্যুতিতে নির্গত হয়।

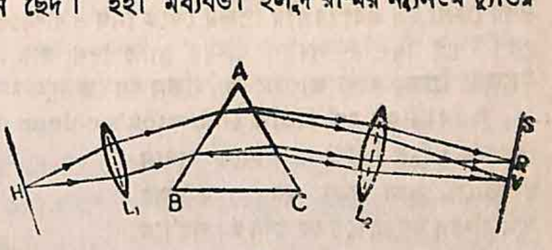
(iii) প্রিজমকে এমনভাবে রাখতে হয় যাতে মধ্যবর্তী হলুদ রশ্মি প্রিজম দ্বারা প্রতিসরণের পর ন্যূনতম চ্যুতিতে নির্গত হয়। ফলে অন্যান্য রশ্মিগুলিও প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে নির্গত হয়।

(iv) প্রিজমের যে পাশ থেকে আলোক রশ্মি নির্গত হয় সেই পাশেও একটি উত্তল লেন্স রাখতে হয়। এই উত্তল লেন্স পর্দার উপর ছিদ্রের বিভিন্ন বর্ণের প্রতিবিম্ব গঠন করে—অর্থাৎ শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করে। এই শর্তগুলি পালন ক'রে 123 নং চিত্রে শুদ্ধ বর্ণালী গঠন পদ্ধতি দেখানো হ'য়েছে।

H→সূক্ষ্ম ছিদ্র। ইহা উত্তল লেন্স L_1 এর ফোকাসে অবস্থিত।

ABC→প্রিজমের প্রধান ছেদ। ইহা মধ্যবর্তী হলুদ রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে অবস্থিত।

L_2→আরএকটিউত্তল লেন্স। প্রিজম থেকে নির্গত রশ্মিগুলিকে এই লেন্স পৃথক পৃথক ভাবে S পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত করে।



চিত্র 123

S→পর্দা। ইহা L_2 লেন্সের ফোকাস-তলে অবস্থিত।

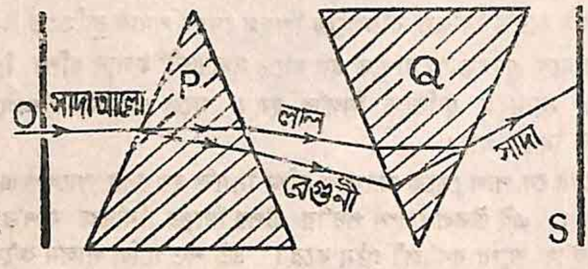
প্রিজমের মধ্যে একই বর্ণের রশ্মিগুলির আপতন কোণ ও চ্যুতি কোণ সমান হওয়ায় ইহারা সমান্তরালভাবে প্রিজম থেকে নির্গত হয়। কিন্তু বিভিন্ন বর্ণের রশ্মিগুলির চ্যুতি কোণ বিভিন্ন হওয়ায় ইহাদের নির্গম কোণও বিভিন্ন হয়। প্রিজম দ্বারা প্রতিসৃত ও বিচ্ছুরিত হ'য়ে লাল বর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল হয় এবং L_2 লেন্স দ্বারা R বিন্দুতে ফোকাসিত হয়। একইভাবে বেগুনি বর্ণের রশ্মিগুলি প্রিজম থেকে সমান্তরালভাবে নির্গত হ'য়ে L_2 লেন্স দ্বারা V বিন্দুতে ফোকাসিত হয় এবং মধ্যবর্তী বর্ণের রশ্মিগুলি R ও V বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে পর পর ফোকাসিত হয়। ফলে পর্দার উপর একটি শুদ্ধ বর্ণালী RV দেখা যায়।

● **বর্ণালীর উৎপত্তি কি ক'রে হয় (How spectrum is produced ?)**

সহজভাবে বলা যায় যে, প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় বিভিন্ন বর্ণের আলোকের চ্যুতির (deviation) পরিমাণ বিভিন্ন হয়। বেগুনি বর্ণের আলোকের চ্যুতি সর্বোচ্চ হওয়ায় এই আলোক বেশি বেঁকে যায় এবং বর্ণালীর সবচেয়ে নীচে পড়ে। লাল আলোকের চ্যুতি ন্যূনতম হওয়ায় ইহা অপর বর্ণগুলির উপরে থাকে। অন্যান্য বর্ণের আলোক আপন আপন চ্যুতি অনুযায়ী বর্ণালীর মাঝখানে বিভিন্ন স্থানে অবস্থান করে।

● **তুমি কেমন ক'রে প্রমাণ ক'রবে যে প্রিজম বর্ণ সৃষ্টি করে না ? (How will you prove that a prism does not produce colour ?)**

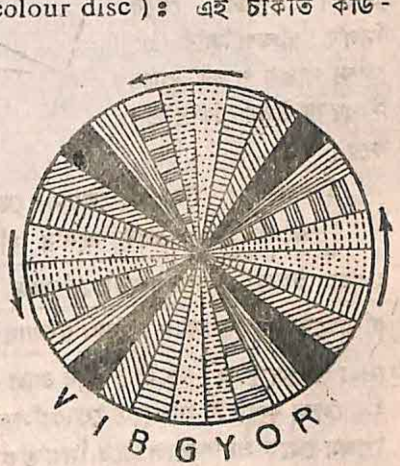
একটি প্রিজমের (P) উপর সাদা আলোক রশ্মি ফেলে একটি কার্ডবোর্ডের পর্দায়



চিত্র 124

বর্ণালী গঠন করা হয় (চিত্র 124)। এই পর্দায় একটি ছিদ্র থাকে। পর্দাকে সরিয়ে একটি বর্ণের আলোক রশ্মিকে ছিদ্রের ভিতর দিয়ে পাঠিয়ে অপর একটি প্রিজমের (Q) উপর ফেলা হয় এবং দ্বিতীয় প্রিজম থেকে নির্গত রশ্মিকে আর একটি পর্দায় (S) ফেলা হয়। এই দ্বিতীয় পর্দায় রশ্মির চ্যুতি দেখা যায় কিন্তু ইহা আর বিভক্ত হয় না। কাজেই, প্রিজম সাদা আলোকের বিভিন্ন বর্ণকে পৃথক করে, ইহা বর্ণ সৃষ্টি করে না।

● **নিউটনের বর্ণ চাকতি (Newton's colour disc) :** এই চাকতি কার্ডবোর্ডের (চিত্র 125)। ইহাকে সমান চারভাগে ভাগ করা হয়। তারপর সূর্যরশ্মির বর্ণালীতে যে ক্রমিক পর্যায়ে বর্ণগুলি সাজানো থাকে এবং যতটা স্থান দখল ক'রে থাকে সেই অনুপাতে চাকতিকে রং করা হয়। এই চাকতিকে জোরে ঘোরালে কোন বিশেষ বর্ণের পরিবর্তে ইহাকে সাদা দেখায়। কেননা, জোরে ঘোরাবার দরুন চোখে এক বর্ণের অনুভূতি থাকাকালীন অন্য বর্ণের অনুভূতি এসে পড়ে এবং দৃষ্টি স্থায়িত্বের (persistence of vision) জন্য সাতটি বর্ণ মিলে সাদা বর্ণের অনুভূতি সৃষ্টি করে।



চিত্র 125

● বস্তুর বর্ণের কারণ কি ? (To which the colour of bodies due ?)

পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, স্বচ্ছ বা অস্বচ্ছ কোন বস্তুরই নিজের কোন বর্ণ নেই। ইহাদের বর্ণ নির্ভর করেঃ (i) আপতিত রশ্মির প্রকৃতির উপর, (ii) আপতিত রশ্মি-শোষণের পরিমাণের উপর এবং (iii) যে রশ্মিগুলি শোষিত হয় না তারা চোখে যেরূপ বর্ণের অনুভূতি জাগায় তার উপর।

● অস্বচ্ছ বস্তুঃ কোন অস্বচ্ছ বস্তুর উপর আপতিত আলোক রশ্মির কিছু অংশ ইহার পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়, কিছু অংশ ইহার মধ্যে প্রবেশ করে ও অংশত ফিরে আসে এবং কিছু অংশ সম্পূর্ণভাবে বস্তু দ্বারা শোষিত হয়। তাহ'লে অস্বচ্ছ বস্তুর বর্ণ আপতিত রশ্মির প্রকৃতির উপর এবং বস্তু দ্বারা শোষিত আলোকের উপর নির্ভর করে। বস্তু দ্বারা প্রতিফলিত রশ্মির বর্ণই বস্তুর বর্ণ। যেমন সাদা আলোকে একটি লাল ফুলকে লাল দেখায়, কারণ ইহা লাল বর্ণ প্রতিফলিত করে এবং অপর বর্ণগুলি শোষণ করে। একটি বস্তুকে সাদা দেখানোর কারণ ইহা সব বর্ণই প্রতিফলিত করে—কোন বর্ণই শোষণ করে না। একটি বস্তুকে কালো দেখানোর কারণ, ইহা কোন বর্ণই প্রতিফলিত করে না—সব বর্ণই শোষণ করে। কাজেই, প্রতিফলিত রশ্মির বর্ণ এই কারণে নয় যে, আপতিত রশ্মির সঙ্গে কিছু যোগ করা হ'য়েছে—সাধারণত এই কারণে যে, আপতিত রশ্মি থেকে কিছু বাদ গেছে।

কোন বস্তুকে একটি বর্ণালীর বিভিন্ন অংশে নিয়ে বর্ণের তত্ত্ব পরীক্ষা করা যায়। একটি সাদা ফুল সাদা আলোকে সাদা দেখায়, লাল আলোকে লাল দেখায়, সবুজ আলোকে সবুজ দেখায় ইত্যাদি। একটি লাল ফুল বর্ণালীর লাল অংশে উজ্জ্বল দেখায় কিন্তু অন্যান্য অংশে কালো দেখায়, কারণ ইহা লাল রশ্মি প্রতিফলিত করে, কিন্তু অন্যান্য বর্ণের রশ্মি শোষণ করে। কদাচিৎ শুদ্ধবর্ণের বস্তু পাওয়া যায়। তাই বস্তু থেকে প্রতিফলিত রশ্মির বর্ণও শুদ্ধ হয় না—পাশাপাশি বর্ণের মিশ্রণ হয়। ফলে বস্তুকে বর্ণালীর এক অংশে উজ্জ্বল দেখায় এবং অপর অংশে ধূসর দেখায়।

● স্বচ্ছ বস্তুঃ যদি স্বচ্ছ বস্তুর উপর সাদা আলোক আপতিত হয় তবে ইহা কয়েকটি বর্ণ শোষণ করে ও বাকি নিঃসৃত (transmit) করে। এই নিঃসৃত বর্ণের উপর বস্তুর বর্ণ নির্ভর করে। একখণ্ড লাল কাচের উপর সাদা আলোক রশ্মি আপতিত হ'লে ইহা লাল বর্ণ নিঃসৃত করে এবং অপর বর্ণগুলি শোষণ করে। যদি বস্তুর বর্ণ ও আপতিত রশ্মির বর্ণ এক না হয় তবে বস্তুকে কালো দেখায়। তাই একখণ্ড লাল সীলিং ওয়াকসকে (sealing wax) লাল কাচের ভিতর দিয়ে দেখলে লাল দেখায়, কিন্তু সবুজ বা নীল বস্তুকে কালো দেখায়—কেননা লাল কাচের ভিতর দিয়ে যে লাল আলোক যায় তা ঐ সবুজ বা নীল বস্তু শোষণ করে। ফলে দর্শকের চোখে কোন আলোকই পৌঁছায় না।

ভাল স্বচ্ছ বস্তু (যেমন জল, কাচ ইত্যাদি) কিছু আলোক শোষণ করে। এই

শোষণ ইহাদের পাতলা স্তরে নগণ্য হ'লেও পুরু স্তরে অধিক পরিমাণে হয়। তাই সাধারণভাবে গভীর জল যদিও সবুজাভ, কিন্তু গভীরতা খুব বেশি হ'লে ইহাকে কালো দেখায়।

জেনে রাখবে যে, তিনটি বিশেষ বর্ণকে যথাযথ ভাবে মিশিয়ে যে কোন বর্ণ তৈরি করা যায়। এই তিনটি বর্ণ **লাল, সবুজ ও নীল।** ইহাদের প্রাথমিক বর্ণ (primary colours) বলে। যদি দুই বর্ণের মিশ্রণে সাদা বর্ণ সৃষ্টি হয় তবে ঐ বর্ণদ্বয়কে **পরিপূরক বর্ণ** (complementary colours) বলা হয়। যেমন হলুদ ও গাঢ়নীল বা কমলা এবং নীল মেশালে সাদা বর্ণ সৃষ্টি হয়। তাই ইহারা পরিপূরক বর্ণ।

● **আকাশকে নীল দেখায় কেন?** সূর্যরশ্মি বায়ুমণ্ডল দিয়ে আসার সময় বায়ুর সূক্ষ্ম ধূলিকণা দ্বারা বিক্ষিপ্ত হ'য়ে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। সূর্যরশ্মির 7টি বর্ণের মধ্যে নীল বর্ণের আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় ইহা বায়ুমণ্ডলের স্তর ভেদ ক'রে আমাদের চোখে পেঁছায়। তাই আমরা আকাশকে নীল দেখি।

প্রশ্নমালা

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. আলোক কি? ইহার উৎস কত প্রকারের হয়?

2. আলোক মাধ্যম কাকে বলে? স্বচ্ছ, অস্বচ্ছ ও ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যম কাকে বলে? উদাহরণ দাও।

3. আলোক রশ্মি ও রশ্মিগুচ্ছ ব'লতে কি বোঝায়? অপসারী, অভিসারী, ও সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ কাকে বলে? চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

4. আলোকের প্রতিফলন কাকে বলে? প্রতিফলনের সূত্র কি? [M. Exam. 1983] [Tripura 1983] প্রতিফলন কয় প্রকার ও কি কি? ইহা কিসের উপর নির্ভর করে?

5. প্রতিবিম্ব কাকে বলে? ইহা কয় প্রকার? চিত্রের সাহায্যে বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব কিভাবে পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর। পার্শ্বীয় পরিবর্তন কি?

6. সমতল দর্পণ কিরূপে বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করে? [M. Exam. 1982]। 'এইরূপ প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয়'—ইহা ব'লতে কি বোঝ? ইহা কি ক'রে হয় চিত্রের সাহায্যে বোঝাও। নিম্নলিখিত অক্ষরগুলির মধ্যে কোনগুলির পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয় না ব'লে মনে হয়—D, A, P, M, N [M. Exam. (Comp.) 1977]

7. প্রতিবিম্ব কাকে বলে? প্রতিবিম্বের দু'টি ধরন বোঝাবার জন্য পরিচ্ছন্ন চিত্র অঙ্কন কর। (Tripura 1983]

8. দর্পণে আলো প'ড়লে চকচকে দেখায়, কিন্তু দেওয়ালে আলো প'ড়লে চকচকে দেখায় না কেন?

9. সমতল দর্পণ, বাড়ির দেওয়াল ও পরিষ্কার কাচ প্লেট দ্বারা প্রতিফলনের মধ্যে পার্থক্য কি?

10. (i) সমতল দর্পণ থেকে 5 সেন্টিমিটার দূরে একটি বস্তু রাখলে উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হবে? এই প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ হবে?

(ii) ঘষা কাচ থেকে আলোকের প্রতিফলন কি সুষম না বিক্ষিপ্ত?

(iii) কোন আলোকরশ্মি সমতল দর্পণে লম্বভাবে আপতিত হ'য়ে প্রতিফলিত হ'ল; প্রতিফলন কোণ কত? [M. Exam. 1978]

11. কোন বিন্দু উৎস থেকে নির্গত আলোক রশ্মি সমতল দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হ'য়ে অপর একটি বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়। ঐ বিন্দুকে কি ব'লে? ইহার অবস্থান কোথায়? ইহার প্রকৃতি কিরূপ? প্রমাণ কর যে, দর্পণ থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ও বস্তুর দূরত্ব সমান।

12. বায়ু থেকে সমতল কাচের পৃষ্ঠে আলোকের প্রতিসরণকালে আপতিত রশ্মি, প্রতিসৃত রশ্মি, আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ আঁকিয়া দেখাও। আপতন কোণ 45° হ'লে প্রতিফলন কোণ কত হবে? সমতল আয়নাতে যে প্রতিবিম্ব দেখা যায় তা সদ্ না অসদ্? [M. Exam. 1976]

13. আলোকের প্রতিসরণ কাকে বলে? [M. Exam. 1978, '82, '83]

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কিরূপে আলোকের প্রতিসরণ হয় তা ছবি এঁকে বোঝাও :—

(a) বায়ু থেকে কাচে, (b) জল থেকে বায়ুতে।

14. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(i) একটি দণ্ডকে কাত ক'রে আংশিক জলে ডোবালে বাঁকা দেখায় কেন? [M. Exam. (Comp.) 1977, '83]

(ii) পুরু দর্পণে বস্তুর অনেক প্রতিবিম্ব দেখা যায় কেন?

(iii) একটি জলপূর্ণ পাত্রকে কিছুটা অগভীর মনে হয় কেন?

(iv) সূর্যোদয়ের কিছু আগে ও সূর্যোদয়ের কিছু পরে সূর্যকে দেখা যায় কেন?

15. আলোকের আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন কাকে বলে? লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে যাবার সময় আলোকের আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন কখনই হ'তে পারে না কেন? আলোক রশ্মি সন্ধি কোণে আপতিত হ'লে প্রতিসরণ কোণ কত হবে? [M. Exam. (Comp.) 1976]

16. কি কি শর্তে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে তা লেখ। [M. Exam. 1982]

17. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সন্ধি কোণ কাকে বলে পরিষ্কার ভাবে বুঝিয়ে দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হওয়া সম্ভব কিনা যুক্তি সহকারে বল : (ক) আলোক রশ্মি বায়ু থেকে কাচে যায়, (খ) আলোক রশ্মি কাচ থেকে বায়ুতে আসে। [M. Exam. 1977]

18. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন কি তা চিত্র সহযোগে বোঝাও। প্রাকৃতিক সংগঠনে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের একটি দৃষ্টান্ত দাও। [M. Exam. 1976, '83]

19. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(i) পদ্মপত্রে জলবিন্দু চকচকে দেখায় কেন?

(ii) ভুষাকালি দ্বারা আবৃত ধাতব বল জলে ডোবালে চকচকে দেখায় কেন?

(iii) একটি টেস্ট টিউব জলপূর্ণ পাত্রে তির্যকভাবে রাখলে নিমজ্জিত অংশ চকচকে দেখায় কেন?

(iv) গ্রীষ্মকালে প্রখর সূর্যকিরণে পিচের রাস্তা বরাবর তাকালে কিছু দূরে রাস্তায় জল আছে ব'লে মনে হয় যদিও বাস্তবে সেখানে জল নেই। ইহার কারণ কি?

(v) কাচের জানালায় ফাটল থাকলে চকচকে দেখায় কেন?

(vi) জলের ভিতর থেকে বুদ্বুদ্ ওঠবার সময় উহাকে চকচকে দেখায় কেন?

20. শূন্যস্থানে আলোকের গতিবেগ কত ? 'আলোক বর্ষ' বললে কি বোঝায় ? কোন বস্তুর গতিবেগ আলোকের গতিবেগের চেয়ে বেশি হ'তে পারে কি ?

21. শূন্যস্থানে আলোকের গতিবেগ কত ? আলোকের গতিবেগ শূন্যস্থানে বেশি না কাচের ভিতরে বেশি ?

22. মরীচিকা কাকে বলে ? মরীচিকা কিভাবে উৎপন্ন হয় ব্যাখ্যা কর। মরীচিকা সদ্ বিম্ব না অসদ্ বিম্ব ?

23. লেন্স কাকে বলে ? ইহা কয় প্রকার ও কি কি ? চিত্রের সাহায্যে বোঝাও।

24. উত্তল লেন্স কাকে বলে ? উহার ফোকাস ও ফোকাস দূরত্বের সংজ্ঞা লেখ। লেন্সের ভিতর দিয়ে আলোকের প্রতিফলন হয় না প্রতিসরণ হয় ? কোন বস্তুকে উত্তল লেন্স থেকে কত দূরে রাখলে প্রতিবিম্ব সদ্ হবে ? [M. Exam. 1976]

25. একটি লেন্সকে একটি দেওয়ালের সামনে 10 cm. দূরে ধরা হ'লে একটি দূরের বস্তুর উল্টানো প্রতিবিম্ব দেওয়ালের উপরে ভালভাবে ফোকাসিত হয়। লেন্সটি কি ধরনের এবং এর ফোকাস দূরত্ব কত ? [M. Exam. 1983 [উত্তল, 10 cm.]

26. (a) সূর্যালোকিত দিবসে একটি মিটার স্কেলের সাহায্যে কিভাবে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা যায় তা বর্ণনা কর।

(b) উত্তল লেন্সের সাপেক্ষে কোন বস্তু কোথায় রাখলে উহার (ক) অসদ্ বিম্ব ও (খ) সদ্ বিম্ব গঠিত হয় ? [M. Exam. 1982]

27. বিবর্ধক কাচরূপে উত্তল লেন্সের আচরণ চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

28. আলোকের বিচ্ছুরণ কাকে বলে ? বর্ণালী কি ? সাদা আলোক কি কি বর্ণের আলোকের সংমিশ্রণ ? [Tripura 1982]

29. সাদা আলোকের বর্ণালী কিভাবে গঠিত হয় ? [M. Exam. 1982, 83]

30. ত্রিশির কাচের মধ্য দিয়ে সাদা আলোক রশ্মি পাঠালে উহা বিভিন্ন রং এর আলোকে বিশ্লিষ্ট হয়। এই রং গুলির সংখ্যা কত ? যে ক্রমানুসারে উহারা বিশ্লিষ্ট হয় সেই ক্রমানুসারে রংগুলির নাম লেখ। কাচের ভিতর এই বিভিন্ন রংয়ের আলোক রশ্মিগুলির গতিবেগ কি এক ? একই কোণে আপতিত লাল ও সবুজ রশ্মি লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে কোন্ রশ্মির ক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ বেশি হবে তা লেখ। [M. Exam. (Comp.) 1976]

31. সাদা আলোক যে বিভিন্ন রংয়ের আলোকের সমষ্টি তা কিভাবে দেখানো যায় ? এইরূপে প্রাপ্ত রংয়ের পটিকে কি বলে ? [M. Exam. 1976]

32. উত্তল লেন্সের ফোকাস কাকে বলে ? উত্তল লেন্স আমাদের কাজে লাগানো হ'য়েছে এইরূপ দু'টি উদাহরণ দাও। এই দু'টি ক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ এবং প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা বড় না ছোট ? [M. Exam. 1977]

33. উত্তল লেন্স দ্বারা কোন বস্তুর সমান সাইজের প্রতিবিম্ব গঠন ক'রতে হ'লে লেন্স থেকে বস্তুকে কত দূরে রাখতে হবে ? এই প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ ?

34. আলোকের বেগ মাধ্যমের উপর নির্ভর করে কি ? আলোকের বেগ ঘন মাধ্যমে বেশি না লঘু মাধ্যমে বেশি ? একই স্বচ্ছ মাধ্যমে লাল ও নীল আলোক গেলে কোন্ আলোকের বেগ বেশি হয় ? শূন্য মাধ্যমে আলোকের বেগ কত ?

35. আলোক বর্ষ কি ? কোন জ্যোতিষ্কের দূরত্ব সাধারণত আলোক বর্ষের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় কেন ?

36. সঠিক উত্তরের পাশে '√' চিহ্ন দাও:—

(i) অসদ্ বিম্ব পর্দায় ফেলা— (যায়, যায় না)।

(ii) সমতল দর্পণে যে প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তার বৈশিষ্ট্যগুলি হ'ল—

(সমান সাইজ, সদ্ অবশীর্ষ, অসদ্, সমশীর্ষ ও দ্বিগুণ সাইজ)।

(iii) আপতন কোণ—কোণের বেশি হ'লে পূর্ণ প্রতিফলন হয়। (প্রতিফলন, সূক্ষ্ম, সন্ধি)।

(iv) উত্তল লেন্সকে বলা হয়— (অভিসারী, অপসারী)।

(v) বিচ্ছুরণে সাতটি রংয়ের সমন্বয়ে উৎপন্ন আলোক পটিকে বলে—

(বর্ণালী, মূল বর্ণ, যৌগিক বর্ণ)।

(vi) উত্তল লেন্সের দ্বারা গঠিত প্রতিবিম্ব—(সদ্, বিবর্ধিত, অসদ্, ক্ষুদ্রতর, সমান সাইজের)।

(vii) উত্তল লেন্স দ্বারা বস্তুর সমান সাইজের প্রতিবিম্ব গঠন ক'রতে হ'লে বস্তুকে রাখতে হয়—(লেন্সের খুব কাছে, লেন্স থেকে বহুদূরে, লেন্সের ফোকাস দূরত্বে, লেন্সের ফোকাস দূরত্বের দ্বিগুণ দূরে)।

37. (i) প্রতিবিম্ব কাকে বলে? সদ্ এবং অসদ্ বিম্বের পার্থক্য বুঝিয়ে লেখ। (ii) সমতল দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বের বৈশিষ্ট্যগুলি লেখ। (iii) পেরিস্কোপের কার্যনীতি চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1986]

38. উত্তল লেন্সের সাহায্যে কোন বর্ধিত বস্তুর অসদ্ প্রতিবিম্বের গঠন চিত্র সহকারে ব্যাখ্যা কর। (ii) বর্ধিত বস্তু উত্তল লেন্স থেকে ফোকাস দূরত্বের দ্বিগুণ দূরে অবস্থিত হ'লে প্রকৃতি এবং বিবর্ধন চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। (iii) সিনেমার পর্দা সাদা এবং অমসৃণ হয় কেন? ঐ পর্দার তল সম্পূর্ণ মসৃণ হ'লে কি হ'ত? [M Exam. 1986]

39. আলোকের প্রতিসরণ সূত্রগুলি লেখ। [M. Exam. 1987]

40. কাচ ফলকের নীচে কোন বিন্দুকে লম্বের মাধ্যম থেকে দেখলে বিন্দুটি উপরে উঠেছে বলে মনে হয়। ইহা ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1987]

41. জলে আংশিক নিমজ্জিত দণ্ডকে বায়ুতে উপর থেকে দেখলে বাঁকা বলে মনে হয় কেন তা ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1987]

42. উত্তল লেন্সের ফোকাসের সংজ্ঞা লেখ। ইহার ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের যে কোন একটি পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [M. Exam. 1987]

43. প্রতিবিম্বের সংজ্ঞা লেখ। উহার শ্রেণী বিভাগ কর এবং উহাদের পার্থক্য লেখ।

[M. Exam. (Tripura) 1987]

44. সমতল দর্পণ থেকে বস্তু ও উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বের সম্পর্ক কি? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি? কিভাবে প্রতিবিম্ব গঠিত হয় চিত্র অঙ্কন ক'রে তা দেখাও। [M. Exam. (Tripura) 1987]

45. শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী কি? [M. Exam. (Tripura) 1987]

গাণিতিক প্রশ্ন:

46. একটি সমতল দর্পণ থেকে একটি বস্তু 30 সেমি. দূরে আছে। বস্তুর প্রতিবিম্ব বস্তু থেকে কত দূরে গঠিত হয়? [60 সেমি.]

47. তুমি একটি দর্পণের সামনে 5 ফুট দূরে দাঁড়িয়ে আছ। তুমি দর্পণ থেকে 2 ফুট দূরে সরে গেলে। ঐ অবস্থার তোমার ও তোমার প্রতিবিম্বের দূরত্ব আগের চেয়ে কত বাড়ল ? [4 ফুট]

48. একটি রশ্মি একটি সমতল দর্পণের উপর দর্পণের তলের সঙ্গে 60° কোণে আপতিত হয়। প্রতিফলন কোণ কত ? আপতিত রশ্মি ও প্রতিফলিত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ কত ? [30°, 60°]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন কাকে বলে ?

(ii) নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্রগুলি বল।

(iii) সমতল দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্ব কি ধরনের ?

(iv(সিনেমার পর্দা সাদা ও অমসৃণ করা হয় কেন ? মসৃণ হ'লে কি হ'ত ?

(v) আলোকের চলাচলের বেলায় লঘুতর মাধ্যম ও ঘনতর মাধ্যম ব'লতে কি বোঝায় ?

(vi) প্রতিসরণের সূত্রগুলি বল।

(vii) সঙ্কট কোণ কাকে বলে ?

(viii) লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে প্রতিসরণের বেলায় পূর্ণ প্রতিফলন হ'তে পারে কি ?

(ix) লেন্স কাকে বলে ? ইহার ফোকাস বলতে কি বোঝ ?

(x) লেন্সের আলোক কেন্দ্র বলতে কি বোঝ ?

(xi) একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 10 cm.। ইহার সাহায্যে ছোট বস্তুকে বড় করে দেখতে হ'লে ইহাকে বস্তু থেকে কতটা দূরত্বে রাখতে হবে ?

তৃতীয় অধ্যায়

রসায়ন

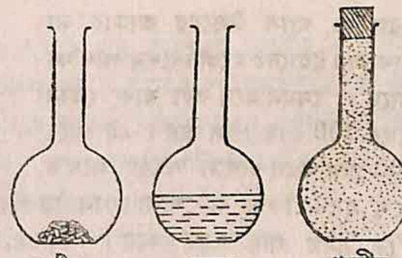
প্রথম পরিচ্ছেদ | পদার্থ ঃ অবস্থা, ধর্ম, পরিবর্তন, শ্রেণীবিভাগ (Matter : State, Property, Change, Classification)

1·1. পদার্থ ঃ

বিশ্বের উপাদান পদার্থ ও শক্তি। আমরা প্রতিদিন নানা রকম পদার্থ দেখি ও ব্যবহার করি। যেমন জল, বায়ু, চেয়ার, টেবিল, কালি-কলম, ইট, বালি, চুনসুরকি, চাল-ডাল ইত্যাদি। ইহারা জড় পদার্থ অর্থাৎ প্রাণহীন। যে সব জিনিসের প্রাণ আছে তারা সজীব পদার্থ। যেমন মানুষ, জীবজন্তু, গাছপালা ইত্যাদি। প্রত্যেক পদার্থের ভর আছে এবং ইহার অবস্থানের জন্য কিছুটা স্থান দরকার। কাজেই সাধারণভাবে বলা যায় যে, **যা ইন্দ্রিয় গ্রাহ্য, অবস্থানের জন্য কিছুটা স্থান দখল করে, যার নির্দিষ্ট ভর আছে এবং গতিশীল বা স্থিতিশীল অবস্থার পরিবর্তনে যে বাধা দেয় তাকে পদার্থ বলে।**

● পদার্থের প্রকারভেদ ঃ

পরীক্ষা ক'রলে দেখা যায় যে, পৃথিবীর সব পদার্থ মোটামুটিভাবে তিনটি অবস্থায় থাকতে পারে। যেমন কোন পদার্থ শক্ত, যার একটি অংশ সাধারণ অবস্থায় অন্য অংশ থেকে বিছিন্ন হয় না; কোনটা আবার কোথাও রেখে দিলে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে; কোনটা আবার ধোঁয়ার মত চারদিকে উড়ে যায়। তাই পদার্থকে (i) **কঠিন** (ii) **তরল** ও (iii) **গ্যাস**—এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।



চিত্র 126

● **কঠিন পদার্থ ঃ** স্বাভাবিক অবস্থায় **কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন থাকে।** দৃঢ়তা কঠিন পদার্থের একটি বিশেষ ধর্ম—অর্থাৎ কঠিন পদার্থের এক অংশকে সহজে অন্য অংশ থেকে পৃথক করা যায় না। তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থ তরলে রূপান্তরিত হ'তে পারে। ইট, কাঠ, লোহা, পাথর, কয়লা ইত্যাদি কঠিন পদার্থ।

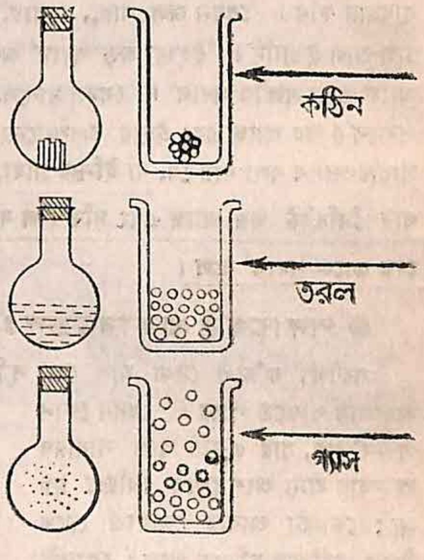
● **সাজ্ঞা ঃ** যে পদার্থগুলির নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে এবং যারা আকার পরিবর্তনে বাধা দেয় তাদের **কঠিন পদার্থ** বলে।

● **তরল পদার্থ** : জল, দুধ, তেল, পারদ ইত্যাদি তরল পদার্থ। তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার থাকে না, কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন থাকে। কোন পাত্রে না রাখলে ইহা ভূমির উপরে ক্রমশ ছড়িয়ে প'ড়তে চায়। অর্থাৎ তরল পদার্থের দৃঢ়তা অনেক কম ; ইহা সর্বদা পাত্রের আকার ধারণ করে।

● **সংজ্ঞা** : যে পদার্থগুলির নির্দিষ্ট আয়তন আছে কিন্তু নির্দিষ্ট আকার নেই, যাদের পৃষ্ঠদেশ সর্বদা সমতল এবং যারা গড়িয়ে প'ড়তে চায় তাদের **তরল পদার্থ** বলে।

● **গ্যাসীয় পদার্থ** : বেশির ভাগ গ্যাসীয় পদার্থকেই চোখে দেখা যায় না। গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট আকার বা আয়তন নেই। বায়ু, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি গ্যাসীয় পদার্থ। গ্যাসীয় পদার্থকে যে আবদ্ধ পাত্রেই রাখা হোক না কেন, ইহা পাত্রের পুরোটা জুড়ে থাকে।

● **সংজ্ঞা** : যে পদার্থগুলির নির্দিষ্ট আয়তন বা আকার নেই তাদের **গ্যাসীয় পদার্থ** বলে।



চিত্র 127

একটা কথা মনে রাখা দরকার যে, তরল ও গ্যাস উভয়ের আকার না থাকলেও ইহাদের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য আছে। যেমন মনে করা যাক্ কোন পাত্রে 200 গ্রাম তরল ধরে। এই পাত্রে 100 গ্রাম তরল রাখলে পাত্রের অর্ধেক পূর্ণ হয়। কিন্তু বায়ুশূন্য কোন বড় পাত্রে সামান্য একটু বায়ু রাখলে ইহা প্রসারিত হ'য়ে সমগ্র পাত্র পূর্ণ করে। আবার, প্রচুর পরিমাণে বায়ুকে ছোট্ট একটি পাত্রে চাপ দিয়ে পুরে রাখা যায়। কাজেই চাপ বাড়িয়ে বা কমিয়ে গ্যাসকে সঙ্কুচিত বা প্রসারিত করা যায়। গ্যাসীয় পদার্থের এই ধর্মকে **সংনম্যতা** (compressibility) বলে। তরলের এই ধর্ম নেই ব'ললেই চলে।

● পদার্থের ভৌত ধর্ম :

উপরের আলোচনা অনুযায়ী বলা যায় যে, একটি পদার্থ অপরটি থেকে আলাদা। প্রত্যেক পদার্থেরই নিজস্ব স্বভাব বা বৈশিষ্ট্য আছে যার সাহায্যে একটি পদার্থকে অপরটি থেকে পৃথক ক'রে চেনা যায়। পদার্থের এই সব গুণ বা বৈশিষ্ট্যকে **ধর্ম** (property) বলে। পদার্থের যে স্বভাবগুলির জন্য কেবল বাহ্যিক অবস্থা বা গুণ জানা যায় তাদের **ভৌত ধর্ম** (physical properties) বলে।

ভৌত ধর্ম নির্ণয়ের জন্য সাধারণত (i) **পদার্থের অবস্থা**, (ii) **বর্ণ**, (iii) **ঘনত্ব**, (iv) দৃঢ়তা, (v) **গন্ধ**, (vi) **ওজন**, (vii) **বিস্তৃতি** ও (viii) **গঠন-রীতি** জানা প্রয়োজন।

(i) **পদার্থের অবস্থা :** পদার্থের অবস্থা থেকে ইহা কি রকম তা বোঝা যায়। পদার্থটি কঠিন হ'তে পারে আবার তরল বা গ্যাসীয়ও হ'তে পারে।

(ii) **বর্ণ :** ইহা পদার্থের একটি বিশেষ ধর্ম। যেমন, চিনি সাদা, কয়লা কাল, তুঁতে নীল, গন্ধক হলুদ, দুধ সাদা, আয়োডিন বাষ্প বেগুনি, ইত্যাদি।

(ii) **ঘনত্ব :** এক একক আয়তন পদার্থের পরিমাণ ইহার একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য। এক একক আয়তন তুলো ও লোহার পরিমাণে বিরাট পার্থক্য। কোন বস্তুর এক একক আয়তনে যে পরিমাণ ভর থাকে তাকে **ঘনত্ব** বলে। কোন বস্তুতে যে পরিমাণ পদার্থ থাকে তাকে **ভর** বলে।

(iv) **দৃঢ়তা :** এই ধর্মের সাহায্যে কোন পদার্থ শক্ত না কোমল বোঝা যায়। এই দৃঢ়তা ধর্মের জন্য পদার্থের একটি অংশ পৃথক ক'রতে চাইলে বাধার সম্মুখীন হ'তে হয়। যদি একটি বস্তু দিয়ে অপর একটি বস্তুর গায়ে আঁচড় কাটা যায় তাহ'লে প্রথম বস্তুকে দ্বিতীয়টির তুলনায় দৃঢ়তর বলা যায়। হীরক সব চেয়ে শক্ত পদার্থ, কেননা ইহা সব কঠিন পদার্থের গায়ে আঁচড় কাটতে পারে।

(v) **গন্ধ :** অনেক পদার্থের নিজস্ব গন্ধ আছে। যেমন, কেরোসিন, পেট্রোল ইত্যাদি। অনেক সময় গন্ধের সাহায্যে বস্তুকে চেনা যায়। গন্ধও পদার্থের বিশেষ ধর্ম। অধিকাংশ গ্যাসের গন্ধ আছে। সালফার ডাইঅক্সাইড, অ্যামোনিয়া, ক্লোরিন ইত্যাদি তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস।

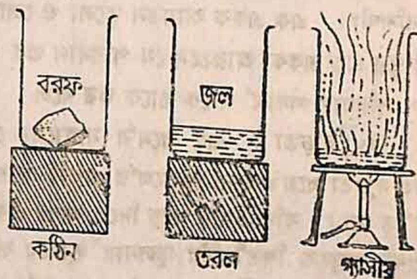
(vi) **ওজন :** পৃথিবী ইহার উপরিস্থিত সব বস্তুকেই কেন্দ্রের দিকে টানে। বস্তুর উপর পৃথিবীর এই আকর্ষণকে ওজন বলে। ওজন দ্বারা বোঝা যায় যে, পদার্থ কেমন ভারী। অবশ্য বস্তুর ওজন বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়। কারণ পৃথিবীর আকর্ষণজনিত বল বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন। মেরু অঞ্চলে এই বল বেশি, বিষুবরেখায় কম আবার পৃথিবী পৃষ্ঠে বেশি কিন্তু পৃথিবীর অভ্যন্তরে কম।

(iii) **বিস্তৃতি :** পদার্থের অবস্থানের জন্য স্থানের প্রয়োজন। নির্দিষ্ট বস্তু নির্দিষ্ট স্থান ব্যাপিয়া থাকে। বস্তুর এই বিস্তৃতি একদিকে ধ'রলে পাওয়া যায় **দৈর্ঘ্য** বা **প্রস্থ**, দুদিকে ধ'রলে পাওয়া যায় **ক্ষেত্রফল** এবং তিন দিকে ধ'রলে পাওয়া যায় **আয়তন**। কাজেই, প্রত্যেক জড় পদার্থের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও আয়তন (dimension) আছে।

(viii) **পদার্থের গঠন-রীতি :** কঠিন পদার্থ দু'ধরনের হতে পারে—দানাদার বা নিয়তাকার এবং অনিয়তাকার। নিয়তাকার পদার্থের নির্দিষ্ট আকার আছে। যেমন—খাদ্য লবণ, চিনি, মিছরি ইত্যাদি। পিচ, পাউডার ইত্যাদি অনিয়তাকার পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নেই।

● ভৌত অবস্থার পরিবর্তন : বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ ক'রলে কঠিন পদার্থ তরলে এবং আরও তাপ প্রয়োগ ক'রলে তরল পদার্থ গ্যাসে পরিণত হয়। যেমন বরফ, জল ও বাষ্প।

একটি পাত্রে কয়েক খণ্ড বরফ নিয়ে দেখা যায় যে, বরফের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে। ইহার আকার সহজে পরিবর্তন করা যায় না। কাজেই বরফ কঠিন পদার্থ। পাত্রকে উত্তপ্ত ক'রলে বরফ ক্রমশ গ'লে জলে পরিণত হয়। কিছু সময় পরে সব বরফ গ'লে জলে পরিণত হয়। এই জল পাত্রের আকার ধারণ করে এবং ইহার উপরিভাগ সমতল হয়। ইহাকে গড়িয়ে অপর একটি পাত্রে ঢালা যায়। কাজেই বোঝা যায় যে, বরফ তাপ শোষণ ক'রে জলে পরিণত হয়। এই জলকে আরও উত্তপ্ত ক'রলে ইহা বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পকে ঠাণ্ডা পাত্রে ধ'রলে ইহা শীতল হ'য়ে পুনরায় জলে পরিণত হয়। এই জলকে আরও ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা বরফে পরিণত হয়। কাজেই পদার্থের কোন স্থায়ী অবস্থা নেই। সাধারণ উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থ বিভিন্ন ধরনের ভৌত অবস্থায় থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় জল তরল, তামা কঠিন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, বায়ু ইত্যাদি গ্যাস। কঠিন তামাকে তাপ দিয়ে তরলে পরিণত করা যায়। অতি উচ্চ চাপ প্রয়োগ ক'রে এবং উষ্ণতা কমিয়ে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, বায়ু ইত্যাদি গ্যাসকে তরলে পরিণত করা যায়। এখানে একটা কথা বলা দরকার যে, স্বাভাবিক চাপে সব কঠিন পদার্থকে তাপ দিয়ে তরলে পরিণত করা যায় না। কর্পূর, আয়োডিন ইত্যাদি পদার্থকে তাপ দিলে ইহারা সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পকে ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা আবার কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।



চিত্র 128

সুতরাং সাধারণভাবে বলা যায়—

কঠিন $\underset{\text{উষ্ণতা হ্রাস}}{\overset{\text{উষ্ণতা বৃদ্ধি}}{\rightleftarrows}}$ তরল $\underset{\text{উষ্ণতা হ্রাস}}{\overset{\text{উষ্ণতা বৃদ্ধি}}{\rightleftarrows}}$ গ্যাসীয়

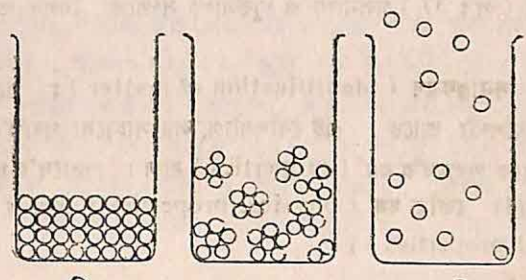
জেনে রাখবে যে, অনেক সময় উষ্ণতা স্থির রেখে কেবল চাপ প্রয়োগেও পদার্থের অবস্থান্তর ঘটানো যায়।

● পদার্থের তিন অবস্থার অস্তিত্ব সম্পর্কে প্রাথমিক ব্যাখ্যা (Preliminary explanation of the three states of matter) :

আমরা জানি যে, পদার্থ মাত্রই অণুর সমষ্টি। এই অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে লেগে থাকে না। ইহাদের মধ্যে ব্যবধান থাকে। এই ব্যবধান বা ফাঁককে আন্তরাণবিক ব্যবধান (intermolecular space) বলে। এই অণুগুলির পরস্পরের মধ্যে একটি আকর্ষণ থাকে, যাকে আন্তরাণবিক আকর্ষণ (intermolecular attraction) বলে।

অণুগুলি আবার স্থির অবস্থায় থাকে না, ইহারা সর্বদা গতিশীল। ইহাদের গতিবেগ অবস্থার উপর নির্ভরশীল।

কঠিন অবস্থায় পদার্থের অণুগুলি খুব কাছাকাছি থাকে অর্থাৎ উহাদের আন্তরাণবিক ব্যবধান খুব কম। তাই অণুগুলির গতি খুব কম জায়গার মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। ফলে উহাদের পারস্পরিক আকর্ষণও খুব বেশি হয়। কাজেই কঠিন অবস্থায় অণুগুলি ছড়িয়ে পড়তে পারে না, জমাট বেঁধে থাকে। তাই কঠিন অবস্থায় পদার্থে দৃঢ়তা দেখা যায় এবং ইহার নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন থাকে [চিত্র 129 (ক)]।



কঠিন তরল গ্যাসীয়

(ক) (খ) (গ)

চিত্র 129

তরল অবস্থায় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে ব্যবধান অপেক্ষাকৃত বেশি [চিত্র 129 (খ)]। তাই আণবিক আকর্ষণ কম এবং অণুগুলির গতিবেগ বেশি। এই কারণে অণুগুলি অপেক্ষাকৃত আলগা থাকে এবং পৃথিবীর অভিকর্ষের টানে নীচের দিকে গড়িয়ে যায়। তরল পদার্থে দৃঢ়তার অভাবের জন্য নিজস্ব আয়তন থাকলেও নিজস্ব নির্দিষ্ট আকার থাকে না।

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে ব্যবধান এত বেশি যে আন্তরাণবিক আকর্ষণ খুবই কম। অণুগুলির গতিবেগ খুব বেশি হয়। তাই অণুগুলি স্বাধীনভাবে ছোটাছুটি ক'রতে পারে ও সব দিকে ছড়িয়ে পড়ে। এই কারণে গ্যাসীয় পদার্থকে খোলা পাত্রে রাখা যায় না, আবদ্ধপাত্রে রাখতে হয়। যে আবদ্ধ পাত্রে রাখা হোক না, গ্যাস সেই পাত্রের সমগ্র আয়তন জুড়ে থাকে। অণুগুলির অবাধ সঞ্চরণশীলতার জন্যই গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট আকার বা আয়তন নেই [চিত্র 129 (গ)]।

উপরের আলোচনা অনুযায়ী বোঝা যায় যে, পদার্থের ভৌত অবস্থা উহার অণুগুলির আন্তরাণবিক ব্যবধান, আকর্ষণ ও গতিশীলতার উপর নির্ভর করে। আবার এই ব্যবধান, আকর্ষণ ইত্যাদি পদার্থের উপর প্রযুক্ত চাপ ও উহার উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। কঠিন পদার্থে তাপ দিলে উহার অণুগুলির ব্যবধান বাড়ে এবং গতিশীলতাও বাড়ে। ফলে উহাদের আকর্ষণ হ্রাস পায়। উষ্ণতা বৃদ্ধির দরুন এমন

এক সময় আসে যখন অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণ এত কমে যায় যে, উহা অণুগুলিকে কাছাকাছি ধ'রে রাখতে পারে না। ফলে পদার্থটি তরল অবস্থায় পরিণত হয়। তরল পদার্থে তাপ দিলে আন্তরাণবিক ব্যবধান আরো বাড়ে এবং আন্তরাণবিক আকর্ষণ আরো কমে যায়। ফলে পদার্থটি গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত হয়। তাপ প্রয়োগে যেমন আণবিক ব্যবধান ও গতিশীলতা বাড়ে, তাপ হ্রাসে তেমনি উহাদের হ্রাস হয়। তাই খুব ঠাণ্ডা ক'রলে গ্যাসীয় পদার্থ তরলে এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়।

● **গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক** (Melting and boiling points): প্রথম অধ্যায়ের তৃতীয় পরিচ্ছেদে (পৃঃ 37) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সম্পর্কে বিশদ আলোচনা করা হ'য়েছে।

● **পদার্থের সনাক্তকরণ** (Identification of matter): প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। এই বৈশিষ্ট্যগুলির সাহায্যে পদার্থকে চেনা যায়। এই বৈশিষ্ট্যগুলিকে পদার্থের ধর্ম (properties) বলে। পদার্থের ধর্মকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়—(1) **ভৌত ধর্ম** (physical properties) এবং (2) **রাসায়নিক ধর্ম** (chemical properties)।

● **ভৌত ধর্ম** :

● **সংজ্ঞা** : যে সব ধর্মের সাহায্যে পদার্থের কেবলমাত্র বাহ্যিক অবস্থা ও আচরণ বোঝা যায় তাদের **ভৌত ধর্ম** বলে। ভৌত ধর্মের সাহায্যে পদার্থের আভ্যন্তরীণ অবস্থা সম্পর্কে কিছু জানা যায় না। যেমন চিনিকে জলে দ্রবীভুত ক'রলে চিনির দ্রবণীয়তা প্রকাশ পায়, কিন্তু চিনি কেন জলে দ্রবীভুত হয় বা দ্রবণের আগে ও পরে চিনির আভ্যন্তরীণ অবস্থা কি রকম ছিল তা এই ধর্ম দ্বারা বোঝা যায় না। নীচে পদার্থের ভৌত ধর্মগুলি আলোচনা করা হ'য়েছে—

(i) **ভৌত অবস্থা** (Physical state): সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে পদার্থের অবস্থা তিন ধরনের। যেমন—**কঠিন** (সোনা, রূপা, লোহা ইত্যাদি), **তরল** (জল, তেল ইত্যাদি) এবং **গ্যাসীয়** (অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি)।

(ii) **আকার** (Shape): কোন কোন কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার আছে। যেমন, সাধারণ লবণ কেলাসের ছ'টি এবং ফট্‌কিরী কেলাসের আটটি তল আছে। কাচ, চুন ইত্যাদি পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নেই। তরল ও গাসীয় পদার্থেরও নির্দিষ্ট আকার নেই।

(iii) **বর্ণ** (Colour): অনেক কঠিন পদার্থের বর্ণ আছে। যেমন, কয়লা কালো, সোনা উজ্জ্বল হলুদ, তুঁতে নীল, গন্ধক হলুদ, চকের গুঁড়ো সাদা ইত্যাদি। তরল পদার্থের মধ্যে জল বর্ণহীন, ব্রোমিন গাঢ় লাল, পারদ রূপালী। গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন বর্ণহীন, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড গাঢ় বাদামী, আয়োডিন বাষ্প বেগুনি ইত্যাদি।

(iv) **স্পর্শ** (Touch) ঃ হাত দিয়ে স্পর্শ ক'রে অনেক পদার্থকে সনাক্ত করা যায়। যেমন, চক শক্ত ও কর্কশ কিন্তু গ্রাফাইট বেশ নরম, হাত দিলে পিচ্ছিল মনে হয়। আবার জল ও সরিষার তেলের মধ্যে তেল পিচ্ছিল। কাজেই, সরিষার তেলকে সহজে সনাক্ত করা যায়।

(v) **গন্ধ** (Smell) ঃ কিছু কিছু কঠিন পদার্থের নিজস্ব গন্ধ আছে। কর্পূর ও ন্যাপথালীনের গন্ধ শুকে সহজেই কোনটি কি পদার্থ বলা যায়। গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাসের গন্ধ ঝাঁঝালো, হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের গন্ধ পচা ডিমের গন্ধের মত, হাইড্রোজেন গন্ধহীন ইত্যাদি। সরিষার তেল, নারিকেল তেল, কেরোসিন তেল, স্পিরিট ইত্যাদিকে ইহাদের গন্ধের সাহায্যে সহজেই চেনা যায়।

(vi) **দ্রাব্যতা** (Solubility) ঃ প্রায় সব পদার্থই কোন না কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। স্বাভাবিক উষ্ণতায় দ্রাব্যতা, দ্রাব এবং দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। কাজেই, বিভিন্ন দ্রাবকে কোন দ্রাব্যের দ্রাব্যতা পরীক্ষা ক'রে ইহাকে চেনা যায়। যেমন, তুঁতে জলে দ্রবীভূত হয় কিন্তু খড়িমাটি হয় না। গন্ধক জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রবীভূত হয়। নাইট্রোজেনের তুলনায় অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে বেশি পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

(vii) **চৌম্বক ধর্ম** (Magnetic property) ঃ লোহা, নিকেল ও কোবাল্ট চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয় ; কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম, সীসা, তামা, সোনা ইত্যাদি হয় না।

তাপ ও তড়িৎ পরিবাহিতা ধর্মের সাহায্যেও এক পদার্থকে অন্য পদার্থ থেকে পৃথক করা যায়। কাচ, কার্বন, বিশুদ্ধ জল, তেল ইত্যাদি তড়িৎ অপরিবাহী এবং তাপ কুপরিবাহী। তামা, সিলভার ইত্যাদি ধাতু তাপ ও তড়িৎ সুপরিবাহী। সীসা, নায়োবিয়াম ইত্যাদি ধাতুকে অতিশীতল ($-260°C$ এরও কম) ক'রলে ইহারা স্বাভাবিক তড়িৎ সুপরিবাহী অবস্থা থেকে তড়িৎ অতি পরিবাহী অবস্থা পায়।

● রাসায়নিক ধর্ম ঃ

যে ধর্মগুলির সাহায্যে পদার্থের আভ্যন্তরীণ অবস্থা ও প্রকৃত রূপ এবং অণুর গঠন জানা যায় তাদের রাসায়নিক ধর্ম বলে। রাসায়নিক ধর্মের প্রভাবে পদার্থের অণুর গঠন পরিবর্তিত হ'য়ে নতুন অণুর উৎপত্তি হয়। বিভিন্ন কারণে রাসায়নিক পরিবর্তনের কথা নীচে বলা হ'য়েছে—

(i) **তাপের প্রভাব** ঃ তাপের প্রভাবে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন ধরনের পরিবর্তন হয়। যেমন, ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে বায়ুতে পোড়ালে নতুন কঠিন পদার্থ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। আবার প্লাটিনাম তারকে ক্রমাগত তাপ দেওয়া হ'লে ইহা প্রথমে লোহিত তপ্ত (red hot) এবং পরে শ্বেত তপ্ত (white hot) হয়। কিন্তু তারটিকে ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা আবার আগের অবস্থায় ফিরে আসে। এক্ষেত্রে নতুন কোন পদার্থ উৎপন্ন হয় না। খড়িমাটিকে উত্তপ্ত ক'রলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস ও কঠিন পদার্থ ক্যালসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

(ii) **স্পর্শের দরুন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ** চিনির উপর সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাললে কালো কার্বন তৈরী হয়। এক্ষেত্রে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। কুইক লাইম বা পোড়াচুনের উপর জল ঢাললে তাপ উৎপন্ন হয়। ইহা ফুটতে শুরু করে ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়। এক্ষেত্রেও নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। অনুরূপ-ভাবে, সাদা ফসফরাস আয়োডিনের সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে ও হ্যালাইড গঠন করে। এই হ্যালাইড একটি নতুন পদার্থ।

● **সংজ্ঞা ঃ** যে ধর্ম থাকার দরুন কোন পদার্থ রূপান্তরিত হ'য়ে সম্পূর্ণ অপর এক নতুন পদার্থ সৃষ্টি করে তাকে **রাসায়নিক ধর্ম** (chemical properties) বলে।

1·2. ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন (Physical and chemical changes) ঃ

আমাদের চারপাশের বস্তু জগতে প্রতিনিয়ত বিভিন্ন পরিবর্তন ঘটে চলেছে। ইহাদের কতকগুলি প্রকৃতির সাধারণ নিয়মে ঘটে এবং কতকগুলি আমরা নিজেরা ঘটাই। প্রাকৃতিক নিয়মে জল সূর্যের তাপে বাষ্প হয়। ঐ বাষ্প আবার মেঘ হ'য়ে বৃষ্টিধারায় পৃথিবীতে নেমে আসে। আমরা কাঠ, কয়লা ইত্যাদি পোড়াই। ফলে গ্যাস তৈরী হয় ও ছাই অবশিষ্ট হিসেবে পড়ে থাকে।

লক্ষ্য ক'রলে বোঝা যায় যে, সব পরিবর্তনই এক ধরনের নয়। কোনটিতে পদার্থের আমূল পরিবর্তন ঘটে, আবার কোনটিতে শুধুমাত্র পদার্থের অবস্থান্তর ঘটে। তাই প্রকৃতি অনুযায়ী পদার্থের পরিবর্তনকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়—

(1) ভৌত পরিবর্তন (physical change);

(2) রাসায়নিক পরিবর্তন (chemical change)।

● **ভৌত পরিবর্তন ঃ**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবলমাত্র ইহার কতকগুলি বাহ্যিক ধর্মের (যেমন অবস্থা, আকৃতি, বর্ণ ইত্যাদি) পরিবর্তন হয় তাকে **ভৌত পরিবর্তন** বলে। ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী। পরিবর্তনের কারণ অপসারিত হ'লে পদার্থটি আগের অবস্থায় ফিরে যায়।

মনে রাখবে যে, অবস্থা, আকার, বর্ণ, গন্ধ, দ্রবণীয়তা, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, চৌম্বকত্ব ইত্যাদি ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য পরিবর্তনগুলিই ভৌত পরিবর্তন।

● **ভৌত পরিবর্তনের কয়েকটি উদাহরণ ঃ**

(i) যদি এক খণ্ড বরফকে ক্রমাগত তাপ দেওয়া হয় তবে বরফ প্রথমে জলে এবং পরে বাষ্পে পরিণত হয়। আবার যদি বাষ্পের তাপ ক্রমাগত কমানো হয় তবে বাষ্প প্রথমে জলে ও পরে বরফে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয় কিন্তু ইহার ওজন বা অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। এইরূপ অবস্থা

পরিবর্তনের কারণ তাপ। এই তাপ অপসারিত হ'লে পদার্থ পুনরায় নিজের অবস্থা ফিরে পায়। সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(ii) তরল মোমও মূলত মোম। ইহা ঠাণ্ডা হ'লে কঠিন মোমে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না, কোন তাপও উৎপন্ন হয় না। কাজেই, ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(iii) একটি প্লাটিনাম তারকে বুনসেন দীপে ক্রমাগত উত্তপ্ত করা হ'লে ইহা প্রথমে লাল হয় এবং পরে উজ্জ্বল সাদা রঙে জ্বলতে থাকে। তারটিকে ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা আগের অবস্থায় ফিরে আসে, ইহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে এবং নতুন কোন পদার্থ তৈরি হয় না। কাজেই, ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(iv) তাপ প্রয়োগে লোহা, তামা ইত্যাদি গ'লে যায় এবং আয়োডিন, কর্পূর ইত্যাদির উর্ধ্বপাতন ঘটে। এইগুলি ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ।

(v) একটি লোহার দণ্ডকে চুম্বক দিয়ে ঘষলে ইহা চুম্বকে পরিণত হয়, কিন্তু চুম্বকও লোহা। চুম্বককে কয়েকবার আছাড় দিলে ইহার চুম্বকত্ব নষ্ট হ'য়ে যায়। চুম্বকে পরিবর্তিত হওয়ার জন্য লোহার ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(vi) লবণ অথবা চিনি বা তুঁতের দ্রবণে কঠিন পদার্থ অদৃশ্য হ'লেও দ্রবণের স্বাদে এবং অনেক সময় বর্ণে (তুঁতের দ্রবণ নীল) কঠিন পদার্থের অপরিবর্তিত অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায়। দ্রবণকে বাষ্পে পরিণত ক'রলে সমান ওজনের কঠিন পদার্থ ফিরে পাওয়া যায়। সাধারণত দ্রবণ তৈরি করার সময় তাপের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে না। কাজই ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(vii) ইলেকট্রিক বালবের ধাতব তারে তড়িৎ প্রবাহিত হ'লে ইহা উত্তপ্ত হয় এবং আলোক নির্গত হয়। তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হ'লে তারটি ঠাণ্ডা হয় এবং আলোক নির্গত হয় না। তড়িৎ প্রবাহের আগে ও পরে তারটির ওজনের কোন তারতম্য ঘটে না। কাজেই, ইহা ভৌত পরিবর্তন।

● **রাসায়নিক পরিবর্তন ঃ**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠন পরিবর্তিত হয় এবং এক বা একাধিক নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে। রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় তাপের উদ্ভব বা শোষণ ঘটে এবং উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থগুলিকে সহজে আগের অবস্থায় ফিরিয়ে নিয়ে যাওয়া সম্ভব হয় না।

● **রাসায়নিক পরিবর্তনের কয়েকটি উদাহরণ ঃ**

(i) কয়লা, কাঠ, খড় ইত্যাদি জ্বালালে গ্যাস, ছাই ইত্যাদি পাওয়া যায়। অর্থাৎ কয়লা, কাঠ, খড় ইত্যাদি একাধিক নতুন পদার্থে পরিণত হয়। ইহাদের এই পরিবর্তন স্থায়ী এবং এই পরিবর্তনের সময় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। আবার যে ছাই পাওয়া যায় তার ওজন ঐ কয়লা, কাঠ বা খড়ের ওজনের তুলনায় কম। কারণ কয়লার অণু ভেঙ্গে অন্য পদার্থের নতুন অণু গঠিত হয়। কাজেই, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(ii) বায়ুতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে পোড়ালে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সম্পূর্ণ নতুন পদার্থ এবং ইহার ধর্ম ম্যাগনেসিয়ামের ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। সহজ উপায়ে ইহাকে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুতে পরিণত করা যায় না। কাজেই, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(iii) লোহাকে আর্দ্র বায়ুতে রাখলে ইহার উপর বাদামী বর্ণের মরিচা পড়ে। এই মরিচা লোহা নয়—সম্পূর্ণ অন্য একটি পদার্থ (Fe_2O_3, xH_2O)। মরিচাকে সহজে লোহায় পরিণত করা যায় না। মরিচা লোহার তুলনায় ওজনে ভারী এবং ইহা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয় না। মরিচা তৈরি হওয়ার সময় তাপের উদ্ভব ঘটে। কাজেই, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(iv) চুনে জল মেশালে চুন গরম হ'য়ে ফুটে ওঠে (slaking of lime) এবং একটি নতুন পদার্থে পরিণত হয়। ইহা চুনের হাইড্রক্সাইড। ফুটানো চুনের ওজন বাড়ে ও তাপের উদ্ভব ঘটে। সুতরাং, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(v) তামার উপর নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাললে বাদামী বর্ণের গ্যাস (নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড) তৈরি হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড একটি নিষ্ক্রিয় সবুজ দ্রবণে (কপার নাইট্রেট) পরিণত হয়। এই গ্যাস ও তরলকে মিশিয়ে তামা ও অ্যাসিড ফিরে পাওয়া যায় না এবং এইরূপ পরিবর্তনে ওজন ও তাপের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(vi) তামার তারকে বুনসেন দীপের শিখায় ধ'রলে ইহা লাল হয় এবং ঠাণ্ডা ক'রলে ইহার গায়ে কালো রঙের নতুন পদার্থ (তামার অক্সাইড) পাওয়া যায়। ইহা তামার তুলনায় ভারী। ইহা যখন গঠিত হয় তখন তাপের উদ্ভব ঘটে। রাসায়নিক বিক্রিয়া ছাড়া ইহাকে তামায় পরিণত করা যায় না। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(vii) লবণের জলীয় দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত হ'লে ইহা সাদা চকচকে সক্রিয় সোডিয়াম ধাতুতে এবং সবুজ ও বিষাক্ত ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়। এইরূপ পরিবর্তনে ওজন ও তাপের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। সুতরাং, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

● **অতিরিক্ত উদাহরণ ঃ** রাসায়নিক পরিবর্তনের দরুন দুধ থেকে দৈ তৈরি হয়। আবার দুধকে জ্বাল দিয়ে ক্ষীর তৈরি ক'রলে ইহাতে আংশিক ভৌত ও আংশিক রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। ক্ষীরে জল মেশালে দুধ পাওয়া যায় ঠিকই কিন্তু দুধের এনজাইম-গুলি ফেরৎ পাওয়া যায় না। ঘি তৈরি হয় রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য।

রাসায়নিক পরিবর্তনের দরুন আটা বা ময়দা থেকে রুটি, বিস্কুট ইত্যাদি তৈরি হয়। যদিও উভয় অবস্থাতেই ইহা স্টার্চ।

রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য ফল পাকে বা পচে।

ধান থেকে খৈ, চিড়ে বা চাল থেকে মুড়ি এবং ভাত প্রস্তুত হয় রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য। যদিও সব অবস্থাতেই ইহারা স্টার্চ জাতীয় পদার্থ—কিন্তু ইহাদের অণুর গঠন ভিন্ন। খৈ, চিড়ে থেকে অথবা ভাত মুড়ি থেকে কোনমতেই চাল ফিরে পাওয়া যায় না।

● ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনা (Comparison between physical and chemical changes) :

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
1. ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।	1. রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠন পরিবর্তিত হয় এবং মূল পদার্থ রূপান্তরিত হ'য়ে সম্পূর্ণ নতুন পদার্থ গঠন করে।
2. ভৌত পরিবর্তনে মূল পদার্থের ধর্মগুলির বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। কেবলমাত্র ইহার ভৌত ধর্মের পরিবর্তন হয়।	2. রাসায়নিক পরিবর্তনে মূল পদার্থের ধর্মগুলি সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন পদার্থের ধর্মগুলি মূল পদার্থের ধর্মগুলি থেকে সম্পূর্ণ আলাদা হয়।
উদাহরণ : জল, বরফ ও জলীয় বাষ্প মূলত জলের তিনটি অবস্থা মাত্র, পৃথক পদার্থ নয়।	**উদাহরণ :** তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। ইহাদের ধর্ম জল থেকে ভিন্ন।
3. ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী। পরিবর্তনের কারণ অপসারিত হ'লে পরিবর্তিত পদার্থ সহজেই আবার মূল পদার্থে রূপান্তরিত হয়।	3. রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী। পরিবর্তিত পদার্থকে রাসায়নিক বিক্রিয়া ছাড়া মূল পদার্থে পরিণত করা যায় না। অনেক ক্ষেত্রে আবার এইরূপ পরিবর্তন একেবারে অসম্ভব হয়।
উদাহরণ : তড়িৎ প্রবাহিত হ'লে বাতির তার আলোক দেয়। তড়িৎ প্রবাহিত না হ'লে আলোক দেয় না ও তার অবিকৃত থাকে।	**উদাহরণ :** কয়লা পুড়ে গ্যাস, আলকাতরা ও ছাইয়ে পরিণত হয়। কিন্তু ছাই থেকে কোনমতেই কয়লা পাওয়া যায় না।
4. ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে না।	4. রাসায়নিক পরিবর্তনের দরুন গঠিত নতুন পদার্থের ওজনের অবশ্যই হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে।
5. ভৌত পরিবর্তনে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয় না।	5. রাসায়নিক পরিবর্তনে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়।
6. ভৌত পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব বা অভাব কখনও ঘটে, বা কখনও ঘটে না।	6. রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব ও অভাব ঘটে।
উদাহরণ : গন্ধকচূর্ণ ও লোহা চুর এক সঙ্গে মেশালে তাপের হ্রাস বা বৃধি ঘটে না। ইহারা অবিকৃত থাকে। কিন্তু জলের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড মেশালে তাপ উদ্ভূত হয় এবং জল ও নিশাদলের মিশ্রণে তাপের হ্রাস ঘটে।	**উদাহরণ :** বায়ুতে হাইড্রোজেন গ্যাস পুড়িয়ে জল উৎপন্ন ক'রলে তাপ উদ্ভূত হয়। কিন্তু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী করার সময় তাপ হ্রাস পায়।

1·3. রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত ও নিয়ন্ত্রিত হওয়ার বিভিন্ন কারণ (Factors which induce and regulate chemical changes) ঃ

রাসায়নিক পরিবর্তনগুলি কোনও না কোন কারণ বা প্ররোচনার দ্বারা সংঘটিত হয়। যেমন,

(i) **সংস্পর্শ (Contact) ঃ** সাধারণ উষ্ণতায় অনেক পদার্থ পরস্পরের ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে এসে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটায়। যেমন সোডিয়াম ধাতু জলের সংস্পর্শে এলেই বিস্ফোরণ ঘটে এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এক টুকরো আয়োডিনের পাশে এক টুকরো ফসফরাস রেখে দিলে কিছু হয় না। কিন্তু ফসফরাসের সঙ্গে আয়োডিনের সংস্পর্শ ঘটলেই ফসফরাস জ্বলে ওঠে এবং ফসফরাস আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম কারবাইড জলের সংস্পর্শে এলে বিক্রিয়া করে ও অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। NH_3 গ্যাস HCl গ্যাসের সংস্পর্শে NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে।

$$NH_3 + HCl \xrightarrow{\text{সংযোগ}} NH_4Cl$$

(ii) **চাপ (Pressure) ঃ** কোন কোন ক্ষেত্রে চাপ প্রয়োগে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার সময় যেমন তাপের প্রয়োজন হয়, তেমনি অতিরিক্ত চাপ দেওয়ারও প্রয়োজন হয়। উচ্চ চাপে গন্ধক ও পারদ যুক্ত হ'য়ে মারকারী সালফাইড যৌগ উৎপন্ন করে। পটকাবাজি ফাটানোর জন্য চাপের প্রয়োজন হয়।

(iii) **তাপ (Heat) ঃ** তাপ প্রয়োগের ফলে অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। কপার ধাতুর উপর ঠাণ্ডা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নেই, কিন্তু তাপ দিলেই বিক্রিয়া শুরু হয় ও একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। পারদকে বায়ুতে উত্তপ্ত ক'রলে পারদের উপরে একটি লাল আস্তরণ পড়ে। তাপ প্রয়োগ ক'রে ম্যাগনেসিয়ামকে জ্বালানো যায় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। চুনাপাথর ($CaCO_3$) কে উত্তপ্ত ক'রলে চুন (CaO) এবং CO_2 পাওয়া যায়।

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} CaO + CO_2$$

(iv) **তড়িৎ প্রবাহ (Electric current) ঃ** তড়িৎ শক্তির সাহায্যে সংযোজন ও বিশ্লেষণ উভয় প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠালে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। গলিত লবণের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে লবণ বিশ্লিষ্ট হয় এবং কঠিন সোডিয়াম ধাতু ও সবুজ ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। জলের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালালে জল বিশ্লিষ্ট হ'য়ে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়।

$$2H_2O \xrightarrow{\text{তড়িৎপ্রবাহ}} 2H_2 + O_2$$

(v) **দ্রবণীয়তা (Solubility) ঃ** সোডার সঙ্গে টারটারিক অ্যাসিডকে কঠিন অবস্থায় খুব ভালভাবে মেশালেও কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ঐ

মিশ্রণকে জলে দ্রবীভূত ক'রলে সঙ্গে সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়া শুরু হয়। কাজেই কিছু কিছু পদার্থ শুষ্ক অবস্থায় পরস্পরের সংস্পর্শে এলেও বিক্রিয়া করে না, কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় খুব দ্রুত বিক্রিয়া ঘটায়।

(vi) **আলোক (Light) :** অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোকের উপস্থিতিতে ঘটে। অন্ধকারে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস একত্র মিশিয়ে রাখলে কিছুই হয় না। কিন্তু এই মিশ্রণকে সূর্যালোকে রাখলে তৎক্ষণাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়া শুরু হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরি হয়। আলোক প'ড়লে ফটোগ্রাফির ফিল্মে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ও আমরা ফটো পাই।

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{আলোক}} 2HCl$$

(vii) **প্রভাবক বা অনুঘটক (Catalyst) :** যে পদার্থ নিজে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না ক'রে কেবলমাত্র ইহার উপস্থিতির দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বাড়ায় বা কমায় তাকে **প্রভাবক** বা **অনুঘটক** বলে। অনুঘটকের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করার পদ্ধতিতে **প্রভাবন** বা **অনুঘটন** বলে। যেমন, পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উচ্চ উষ্ণতায় (610°C) উত্তপ্ত ক'রলে অক্সিজেন গ্যাস তৈরি হয়। কিন্তু ইহার সহিত সামান্য ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড মিশিয়ে ইহাকে উত্তপ্ত ক'রলে অনেক কম উষ্ণতায় (200°C থেকে 240°C) দ্রুত অক্সিজেন গ্যাস তৈরি হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড থেকে অক্সিজেন তৈরি হয় না বা অক্সিজেন তৈরি করার সময় ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড রাসায়নিক বিক্রিয়াতেও অংশ গ্রহণ করে না। ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের কাজ শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন তৈরির প্রক্রিয়াকে সহজ ও ত্বরান্বিত করা। কাজেই, অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড **ধনাত্মক বা পজেটিভ অনুঘটকের** কাজ করে।

$$2KClO_3 \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) সহজেই জল ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংস্পর্শে সামান্য ফসফরিক অ্যাসিড রাখলে এই বিয়োজনের বেগ কমে যায়। এই বিক্রিয়ায় কিন্তু ফসফরিক অ্যাসিডের কোন পরিবর্তন হয় না। এক্ষেত্রে ফসফরিক অ্যাসিড **ঋণাত্মক বা নেগেটিভ অনুঘটকের** কাজ করে। বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হ'লে অনুঘটককে **পজেটিভ অনুঘটক** এবং বিক্রিয়া মন্থর হ'লে ইহাকে **নেগেটিভ অনুঘটক** বলে।

(viii) **শব্দ (Sound) :** শব্দ প্রয়োগ ক'রে কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটানো যায়। যেমন, অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মধ্যে প্রচণ্ড শব্দ ক'রলে ইহা কার্বন ও হাইড্রোজেনে বিশ্লিষ্ট হয়।

$$C_2H_2 \xrightarrow{\text{শব্দ}} 2C + H_2$$

(ix) **জল (Water) ঃ** অনেক বিক্রিয়াই জলের উপস্থিতি ছাড়া ঘটে না। যেমন, লোহাকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনে রাখলে লোহায় মরিচা ধরে না, কিন্তু একই সঙ্গে অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প বা জলের সংস্পর্শে আনলে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘ'টে লোহায় মরিচা ধরে।

(x) **অ্যাসিডের ক্রিয়া ঃ** অ্যাসিডের সংস্পর্শে তামা ও জিংকের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। তামার উপর ঘন তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাললে একটি গ্যাস তৈরি হয় ও পাত্রে নীল বর্ণের কপার নাইট্রেট দ্রবণ প'ড়ে থাকে। অবিশুদ্ধ জিংক দানা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরি করে এবং পাত্রে প'ড়ে থাকে বর্ণহীন দ্রবণ। অধিকাংশ ধাতু সাধারণ অবস্থায় বা উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে বিভিন্ন পদার্থ তৈরি করে।

1·4. তাপ-উৎপাদক ও তাপ-শোষক পরিবর্তন (Exothermic and Endothermic changes) ঃ

● **তাপ উৎপাদক পরিবর্তন ঃ**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপ উৎপন্ন হয় তাকে **তাপ-উৎপাদক** পরিবর্তন বলে।

● **তাপ-শোষক পরিবর্তন ঃ**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপ শোষিত হয় তাকে **তাপ-শোষক** পরিবর্তন বলে।

● **তাপ-উৎপাদক পরিবর্তনের উদাহরণ ঃ** ভৌত বা রাসায়নিক উভয় প্রকার পরিবর্তনেই তাপ উৎপন্ন হ'তে পারে। যেমন, কস্টিক সোডা, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি জলে দ্রবীভূত হ'লে তাপ উৎপন্ন হয়। এইগুলি তাপ-উৎপাদক ভৌত পরিবর্তন। আবার চুনের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় যখন কলিচুন উৎপন্ন হয় এবং উত্তপ্ত কার্বনের সঙ্গে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় যখন কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয় তখনও তাপ উদ্ভূত হয়। কিন্তু এইগুলি তাপ-উৎপাদক রাসায়নিক পরিবর্তন, কারণ এই বিক্রিয়াগুলিতে নতুন পদার্থ গঠিত হয়।

$$\underset{\text{কার্বন}}{C} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2} \rightarrow \underset{\text{কার্বন ডাইঅক্সাইড}}{CO_2} + 94{,}000 \text{ ক্যালরি তাপ।}$$

● **অপর কয়েকটি তাপ উৎপাদক পরিবর্তন ঃ**

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{তাপ}$$

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + \text{তাপ}$$

● **তাপ-শোষক পরিবর্তনের উদাহরণ ঃ** ভৌত বা রাসায়নিক উভয় প্রকার পরিবর্তনেই তাপ শোষিত হ'তে পারে। যেমন, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণকে জলে দ্রবীভূত ক'রলে জল ঠাণ্ডা হয় অর্থাৎ তাপ শোষিত হয়। এইগুলি তাপ-শোষক ভৌত পরিবর্তন। আবার নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক

অক্সাইড বা হাইড্রোজেন ও উত্তপ্ত কার্বনের সংযোগে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করার সময়ও তাপ শোষিত হয়। এইগুলি তাপ-শোষক রাসায়নিক পরিবর্তন।

নাইট্রোজেন + অক্সিজেন → নাইট্রিক অক্সাইড − তাপ।

আবার বাষ্পীয় গন্ধক লোহিত তপ্ত অঙ্গারের উপর প্রবাহিত হ'লে বর্ণহীন তরল কার্বন ডাইসালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{(\text{কার্বন})}{C} + \underset{(\text{সালফার})}{2S} \rightarrow \underset{(\text{কার্বন ডাইসালফাইড})}{CS_2} \quad -43{,}000 \text{ ক্যালরি তাপ।}$$

এইরূপ রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপ শোষিত হয়।

অপর একটি তাপ শোষক পরিবর্তন :

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI - \text{তাপ}$$

তাপ-উৎপাদক ও তাপ-শোষক পদার্থের পার্থক্য : তাপ-উৎপাদক পদার্থের আভ্যন্তরীণ শক্তি মূল উৎপন্ন পদার্থের চেয়ে কম হওয়ায় ইহা তুলনায় নিষ্ক্রিয় ও স্থায়ী। তাই তাপ-উৎপাদক পদার্থ ভাঙ্গার জন্য বেশি তাপের প্রয়োজন। কিন্তু তাপ-শোষক পদার্থের আভ্যন্তরীণ শক্তি বেশি হওয়ায় ইহা তুলনায় সক্রিয় ও অস্থায়ী। তাই তাপ-শোষক পদার্থ ভাঙ্গার জন্য কম তাপের প্রয়োজন।

1·5. মৌলিক পদার্থ ও যৌগিক পদার্থ (Elements and compounds) :

আমাদের পরিচিত পদার্থগুলি দু'ধরনের হ'তে পারে—(i) **বিশুদ্ধ পদার্থ** ও (ii) **মিশ্র পদার্থ**। যেমন লোহা, তামা, জল, ইত্যাদি বিশুদ্ধ পদার্থ এবং বায়ু, মাটি ইত্যাদি মিশ্র পদার্থ। বিশুদ্ধ পদার্থগুলিকে আবার দু'ই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যেমন, (i) **মৌলিক** ও (ii) **যৌগিক পদার্থ**।

মৌলিক পদার্থ (Elements) : যে বিশুদ্ধ পদার্থের রাসায়নিক বিশ্লেষণের দরুন কোন নতুন পদার্থ পাওয়া যায় না তাকে **মৌলিক পদার্থ বা মৌল বলে।**

মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একই ধরনের পরমাণু দ্বারা গঠিত। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন থেকে কোন উপায়েই হাইড্রোজেন ছাড়া অন্য কোন নতুন পদার্থ পাওয়া সম্ভব নয়।

পৃথিবীতে 92টি সাধারণ মৌলিক পদার্থ আছে। বর্তমানে অবশ্য কৃত্রিম উপায়ে আরও কয়েকটি মৌলিক পদার্থ তৈরি করা সম্ভব হ'য়েছে। এই কৃত্রিম মৌলগুলি প্রকৃতিতে নেই, তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরণের দরুন গঠিত হয়। ইহাদের **ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল** (*Transuranium elements*) বলে।

মৌলিক পদার্থগুলি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়, এই তিন অবস্থাতেই পাওয়া যায়। নীচে এই তিন অবস্থায় বর্তমান কয়েকটি মৌলিক পদার্থের নাম দেওয়া হ'য়েছে—

কঠিন : অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium), ক্যালসিয়াম (Calcium), লোহা (Iron), সোডিয়াম (Sodium), তামা (Copper), দস্তা (Zinc), সীসা

(Lead), সোনা (Gold), রূপা (Silver), কার্বন (Carbon), আয়োডিন (Iodine), গন্ধক (Sulphur) ইত্যাদি।

● **তরল :** ব্রোমিন (Bromine), পারদ (Mercury) ইত্যাদি।

● **গ্যাসীয় :** অক্সিজেন (Oxygen), হাইড্রোজেন (Hydrogen), নাইট্রোজেন (Nitrogen), ক্লোরিন (Chlorine), আরগন (Argon), নিয়ন (Neon) ইত্যাদি।

● **যৌগ বা যৌগিক পদার্থ (Compound) :** দুই বা ততোধিক মৌল নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক পদ্ধতিতে যুক্ত হ'য়ে যে ভিন্ন ধর্মী পদার্থ গঠন করে এবং যে পদার্থ বিশ্লেষণ ক'রলে দুই বা ততোধিক মৌল পাওয়া যায় তাকে **যৌগিক পদার্থ** বলে। যেমন, জল (H_2O)—যা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলদ্বয়ের সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। এই যৌগে ওজন অনুযায়ী মৌলদ্বয়ের অনুপাত H : O = 1 : 8। অ্যামোনিয়া (NH_3)—যা নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মৌলদ্বয়ের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। এই যৌগে ওজন অনুযায়ী মৌলদ্বয়ের অনুপাত N : H = 14 : 3 ইত্যাদি।

যৌগিক পদার্থগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—

(i) **অজৈব যৌগ (Inorganic compounds) :** জল, অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাইঅক্সাইড, কপার অক্সাইড, সালফার ডাইঅক্সাইড, নাট্রিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, কপার সালফেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি অজৈব যৌগ।

(ii) **জৈব যৌগ (Organic compounds) :** সাধারণত উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহজাত পদার্থগুলিকে জৈব যৌগ বলে। প্রত্যেক জৈব যৌগে কার্বন ও হাইড্রোজেন থাকে। আবার অজস্র জৈব যৌগে কার্বন ও হাইড্রোজেন ছাড়াও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন থাকে। কয়লা, কাঠ, মোম, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মিথেন, ইথেন, বেঞ্জিন, ন্যাপথালীন, প্রোটিন, চিনি, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি জৈব যৌগ।

সাধারণত বিজ্ঞানের যে শাখায় অজৈব পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তনের তত্ত্ব ও সংযুক্তি অনুধাবন করা হয় তাকে **অজৈব রসায়ন** (Inorganic chemistry) এবং যে শাখায় জৈব পদার্থের বিভিন্ন পরিবর্তন ও সংযুক্তি অনুধাবন করা হয় তাকে **জৈব রসায়ন** (Organic chemistry) বলে। প্রত্যেক জৈব পদার্থের মূল উপাদান কার্বন হওয়ায় ইহাকে **কার্বন যৌগের রসায়নও** (Chemistry of carbon compounds) বলে।

● **যৌগিক পদার্থের বৈশিষ্ট্য :**

(i) একাধিক মৌল সর্বদা নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে সংযুক্ত হ'য়ে যৌগিক পদার্থ গঠন করে—সংযোজী মৌল গুলির ওজনগত অনুপাতের পরিবর্তন সম্ভব নয়।

(ii) যৌগ গঠিত হওয়ার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব হবেই।

(iii) যৌগিক পদার্থের মধ্যে ইহার উপাদানরূপে বর্তমান মৌলিক পদার্থগুলির নিজধর্ম সম্পূর্ণ বিলুপ্ত হয় এবং যৌগিক পদার্থটির সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র ধর্ম থাকে।

(iv) যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলিকে সাধারণত ভৌত প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিচ্ছিন্ন করা যায় না। অবশ্য রাসায়নিক পদ্ধতিতে যৌগিক পদার্থের বিশ্লেষণ সম্ভব।

(v) যৌগে উপাদানগুলি সমসত্ত্ব ভাবে যুক্ত থাকে।

(vi) যৌগিক পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে।

যৌগিক পদার্থ জলের উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। এই দুই মৌল গ্যাস কিন্তু জল তরল পদার্থ। এই দুই মৌলের সংযোগে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থ জলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পূর্ণ ভিন্ন। তরল হাইড্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-252°C$ ও তরল অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-183°C$, কিন্তু জলের স্ফুটনাঙ্ক $100°C$। জলীয় অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 1 ঃ 8। জলের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের স্বতন্ত্র অস্তিত্ব থাকে না।

সাধারণ খাদ্য লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) সোডিয়াম ও ক্লোরিন মৌলদ্বয় দ্বারা গঠিত যৌগ। সোডিয়াম দাহ্য বস্তু ও ক্লোরিন সবুজাভ বর্ণের বিষাক্ত গ্যাস। সোডিয়াম ক্লোরাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন। সোডিয়াম ক্লোরাইডে ইহার মৌলদ্বয়ের স্বতন্ত্র অস্তিত্ব থাকে না এবং ভৌত উপায়ে ইহাদের পৃথক করাও যায় না। সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনগত অনুপাত 23 ঃ 35·5।

1·6. মিশ্র পদার্থ (Mixture) ঃ

সাধারণত যে কোন পরিমাণে যে কোন সংখ্যক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের সংমিশ্রণে গঠিত অসমসত্ত্ব পদার্থকে মিশ্র পদার্থ বলে। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলির স্বধর্ম অপরিবর্তিত থাকে, এই উপাদানগুলিকে ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়। মিশ্র পদার্থ গঠন করার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব হয় না এবং এই পদার্থের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক থাকে না।

● **সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ ঃ** সমসত্ত্ব পদার্থের প্রতি অংশের গঠন একই রূপ। লবণের জলীয় দ্রবণের প্রতি অংশের গঠন তথা ঘনত্ব সমান। অসমসত্ত্ব পদার্থের প্রতি অংশের গঠন একই রূপ নয়। যেমন লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণের প্রতি অংশে লোহা ও গন্ধকের অনুপাত সমান নয়। দ্রবণ ছাড়া আর সব মিশ্র পদার্থের গঠন অসমসত্ত্ব।

● **কয়েকটি মিশ্র পদার্থ ঃ**

(i) বায়ু = অক্সিজেন + নাইট্রোজেন + কার্বন ডাইঅক্সাইড + নিষ্ক্রিয় গ্যাস সমূহ + জলীয় বাষ্প।

(ii) ধোঁয়া = গ্যাস + কার্বন কণা ; (iii) পিতল = তামা + দস্তা ।

(iv) সোডা ওয়াটার = জল + কার্বন ডাইঅক্সাইড, (v) সরবৎ = জল + চিনি ।

(vi) ব্রোঞ্জ = তামা + টিন, (viii) লিমোনেড = জল + কার্বন ডাইঅক্সাইড + চিনি ।

যৌগিক পদার্থের সহিত জলীয় দ্রবণের সাদৃশ্য ঃ

লবণের জলীয় দ্রবণ একটি সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ । কিন্তু যৌগিক পদার্থের সহিত ইহার নিম্নলিখিত সাদৃশ্যগুলি বর্তমান ঃ—

(i) যৌগিক পদার্থের ন্যায় লবণের জলীয় দ্রবণও সমসত্ত্ব । এই দ্রবণের প্রতি অংশে জল ও লবণের অনুপাত একই রূপ ।

(ii) যৌগিক পদার্থের ন্যায় দ্রবণ তৈরী করার সময়ে কখনও কখনও উষ্ণতার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে । যেমন জলে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে উষ্ণতা বাড়ে কিন্তু জলে নিশাদলের দ্রবণে উষ্ণতা কমে ।

(iii) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় প্রস্তুত সংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাব ও দ্রাবকের অনুপাত যৌগিক পদার্থের ন্যায় নির্দিষ্ট থাকে ।

(iv) যৌগিক পদার্থের ন্যায় সংপৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক নির্দিষ্ট ।

মৌল ও যৌগের তুলনা

মৌল	যৌগ
(i) মৌলে নির্দিষ্ট ধর্মের একজাতীয় পদার্থ থাকে । রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে ইহা বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট, দুই বা ততোধিক পদার্থে পরিণত হয় না ।	(i) যৌগের ধর্মও নির্দিষ্ট কিন্তু ইহা রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট দুই বা ততোধিক মৌলে পরিণত হয় ।
(ii) মৌলের সংখ্যা সীমিত । এই সংখ্যা মোটামুটি 105 ।	(ii) যৌগের সংখ্যা সীমিত নয় । মৌলের তুলনায় অসংখ্য ।
(iii) মৌলের অণু একজাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত ।	(iii) যৌগের অণু বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট ভিন্ন জাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত ।
(iv) নতুন মৌল তৈরী করা সহজ সাধ্য নয় ।	(iv) যৌগ তৈরি করার সুযোগ বেশি। নিত্য নতুন যৌগ তৈরি করা হচ্ছে ।

1·7· ধাতু ও অধাতু (Metals and Non-metals) ঃ

ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের উপর নির্ভর ক'রে মৌলিক পদার্থগুলিকে প্রধানত দু'ই ভাগে ভাগ করা হয় ঃ (i) ধাতু (*metal*) এবং (ii) অধাতু (*non-metal*) । ধাতু ও অধাতুর পার্থক্যগুলি পর পৃষ্ঠায় তুলনামূলক ভাবে আলোচনা করা হ'য়েছে—

ধাতু	অধাতু
● ভৌত ধর্ম ঃ	
(i) সাধারণত ধাতুগুলি কঠিন।	(i) অধাতুগুলি সাধারণত কঠিন বা গ্যাসীয়।
(ব্যতিক্রম—পারদ ধাতু হ'লেও তরল)	(ব্যতিক্রম—ব্রোমিন অধাতু হ'লেও তরল)
(ii) ধাতুর নিজস্ব ঔজ্জ্বল্য আছে, যাকে ধাতব ঔজ্জ্বল্য (metallic luster) বলে। ইহারা আলোক প্রতিফলিত ক'রতে পারে। আঘাত ক'রলে ধাতু থেকে বিশেষ ধরনের শব্দ নির্গত হয়। ইহাকে ধাতব শব্দ (metallic clink) বলে।	(ii) অধাতুগুলির নিজস্ব ঔজ্জ্বল্য নেই। ইহারা সাধারণত আলোক প্রতিফলিত ক'রতে পারে না। আবার আঘাতের ফলে ইহারা কোন বিশেষ ধরনের শব্দও নির্গত করে না।
(ব্যতিক্রম—সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ধাতু শব্দ নির্গত করে না।)	(ব্যতিক্রম—অধাতু হ'লেও আয়োডিন ও কার্বন বা গ্রাফাইটের ঔজ্জ্বল্য আছে এবং হীরক আলোক প্রতিফলিত করে।)
(iii) ধাতুগুলি সাধারণত ভারী।	(iii) অধাতুগুলি সাধারণত হাল্কা।
(ব্যতিক্রম—সোডিয়াম ও পটাসিয়াম জলের তুলনায় হাল্কা)	(ব্যতিক্রম—আয়োডিন ভারী।)
(iv) ধাতুগুলি কঠিন, নমনীয় ও প্রসারণশীল। তাই ধাতুকে টেনে সরু তারে বা পিটিয়ে পাতলা পাতে পরিণত করা যায়।	(iv) অধাতুগুলি নরম, শিথিল ও ভঙ্গুর।
(ব্যতিক্রম—বিসমাথ ও অ্যান্টিমনি ভঙ্গুর।)	(ব্যতিক্রম—হীরক ভঙ্গুর নয়)
(v) ধাতু তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। সিলভার ও কপারের তাপ ও তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা খুব বেশি। পারদের তাপ ও তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা কম।	(v) অধাতুগুলি সাধারণত তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। (ব্যতিক্রম—গ্রাফাইট তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী)।
(vi) ধাতুগুলি অপেক্ষাকৃত বেশি গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতুর গলনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম। পারদ কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।	(vi) অধাতুগুলি সাধারণত কম গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট। কিন্তু কার্বন, সিলিকন ইত্যাদি অধাতুর গলনাঙ্ক বেশি।
● রাসায়নিক ধর্ম ঃ	
(i) ধাতব অক্সাইড ক্ষারধর্মী। জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ক্ষারক ও অ্যাসিডধর্মী।	(i) অধাতব অক্সাইড অ্যাসিড ধর্মী। জল নিরপেক্ষ অক্সাইড।

ধাতু	অধাতু
(ii) ধাতব পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন ক'রে পজেটিভ তড়িৎবাহী আয়ন বা ক্যাটায়ন উৎপন্ন করে।	(ii) অধাতুর পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ ক'রে নেগেটিভ তড়িৎবাহী আয়ন বা অ্যানায়ন উৎপন্ন করে। (ব্যতিক্রম—হাইড্রোজেন)
(iii) ধাতু লঘু খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। কিন্তু কপার, সোনা, রূপা ইত্যাদি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না।	(iii) খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে অধাতু সাধারণত বিক্রিয়া করে না। বিশেষ অবস্থায় বিক্রিয়া ক'রলে ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে না।
(iv) ধাতু সরল ও জটিল উভয় ধরনের যৌগ গঠন করে।	(iv) অধাতুগুলি সাধারণত জটিল যৌগ গঠন করে না। কিন্তু বোরন, সিলিকন জটিল যৌগ গঠন করে।
(v) ধাতু সাধারণত হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না, অথবা যুক্ত হ'লেও অস্থায়ী হাইড্রাইড গঠন করে। কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম স্থায়ী হাইড্রাইড গঠন করে।	(v) অধাতু হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে স্থায়ী হাইড্রাইড গঠন করে।
(vi) ধাতু কঠিন সালফেট যৌগ গঠন করে।	(vi) অধাতু কোন সালফেট যৌগ গঠন করে না।
(vii) ধাতুর ক্লোরাইড লবণগুলি সাধারণত অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থ। ইহারা গলিত ও দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য।	(vii) অধাতুর কোন সালফেট যৌগ সাধারণত গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী।

উপরের আলোচনায় বোঝা যায় যে, ধাতু ও অধাতুর মধ্যে পার্থক্য সব ক্ষেত্রে সুস্পষ্ট নয়। তাই কোন পদার্থের ধর্মগুলিকে সামগ্রিকভাবে বিচার ক'রে ইহাকে ধাতু বা অধাতু শ্রেণীভুক্ত করা হয়।

● **ধাতুকল্প (Metalloid) :** এমন কতকগুলি মৌলিক পদার্থ আছে যাদের কিছু কিছু ধর্ম ধাতুর ন্যায় আবার কিছু কিছু ধর্ম অধাতুর ন্যায়। কাজেই ইহাদের ঠিক ধাতু বলা যায় না, আবার অধাতুও বলা যায় না। এইরূপ পদার্থগুলিকে ধাতুকল্প বলে। যেমন—আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি।

প্রশ্নমালা

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। পদার্থের ধর্ম ব'লতে কি বোঝায়? ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সংজ্ঞা লেখ।

2. ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের সংজ্ঞা লেখ। উদাহরণ সহ ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনা কর। [Tripura 1983]

3. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে যে পরিবর্তনগুলি হয় তা ভৌত না রাসায়নিক পরিবর্তন, যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

(i) চুনে জল মেশালে, (ii) মোমবাতি জ্বালালে, (iii) লোহায় মরিচা প'ড়লে, (iv) বায়ুতে ম্যাগনেসিয়াম তার জ্বালালে, (v) বরফ গলিয়ে জলে পরিণত ক'রলে, (vi) অ্যাসিড মিশ্রিত জলে তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে [M. Exam. 1976], (vii) লোহাকে চুম্বকে পরিণত ক'রলে [M. Exam. 1976], (viii) এক টুকরো লোহাকে জলীয় আবহাওয়ায় কিছুদিন রাখলে [M. Exam. 1978], (ix) জলকে বরফে পরিণত ক'রলে [M. Exam. 1978], (x) প্লাটিনাম তারকে উত্তপ্ত ক'রলে [M. Exam. (Comp.) 1976], (xi) একটি তামার পাতকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত ক'রলে [M. Exam. 1983]।

4. তাপ উৎপাদক ও তাপ শোষক বিক্রিয়ার সংজ্ঞা লেখ। প্রত্যেকটির দু'টি ক'রে উদাহরণ দাও।

5. কি কি কারণে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে? উদাহরণ দাও।

6. (ক) কেবল সংস্পর্শে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়, ইহার একটি উদাহরণ দাও। (খ) এক টুকরো লোহাকে জলীয় আবহাওয়ায় কিছুদিন রাখলে যে পরিবর্তন হয় তা ভৌত না রাসায়নিক কারণসহ উল্লেখ কর। [M. Exam. 1977]

7. (a) তাপগ্রাহী ও তাপোৎপাদী পরিবর্তন কাকে বলে? প্রত্যেকের একটি ক'রে উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1982, 1983]

(b) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কোন্‌টি তাপক্ষেপক ও কোন্‌টি তাপশোষক পরিবর্তন? (i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জলে মিশ্রিত করা হ'ল, (ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করা হ'ল।

[M. Exam. 1984]

8. যৌগিক পদার্থের বৈশিষ্ট্যগুলি লেখ ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। দ্রবণ কোন্ শ্রেণীতে পড়ে?

9. 'অনুঘটক' ব'লতে কি বোঝায়? অনুঘটকের প্রয়োজন হয় এমন দু'টি রাসায়নিক বিক্রিয়া লেখ। কোন্ ক্ষেত্রে অনুঘটক ব্যবহৃত হয়?

10. ধাতু ও অধাতুর সংজ্ঞা সহ পার্থক্য লেখ [Tripura 1983]। ধাতুকল্প কাকে বলে? ইহার একটি উদাহরণ দাও।

11, সাধারণ উষ্ণতায় রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় এইরূপ একটি উদাহরণ দাও। একটি তরল ধাতু ও একটি তরল অধাতুর নাম লেখ।

12. সাধারণ উষ্ণতায় তরল অবস্থায় থাকে এইরূপ ধাতু ও অধাতুর নাম লেখ। [Tripura 1983]

13. গন্ধক, সোডিয়াম, সোনা, ফসফরাস—ইহাদের মধ্যে কোন্ গুলি ধাতু এবং কোন্‌গুলি অধাতু]

[M. Exam. 1980]

14. জল, গন্ধক, বায়ু, বারুদ, সোনা—ইহাদের মধ্যে কোন্‌গুলি মৌল, কোন্‌গুলি যৌগ ও কোন্‌গুলি মিশ্র পদার্থ? [M. Exam. 1984]

15. সমীকরণসহ একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1980]

16. জল ও চিনিকে পৃথক পৃথক ভাবে তাপ দেওয়া হ'ল। উহাদের মধ্যে কোন্‌টির ভৌত ও কোন্‌টির রাসায়নিক পরিবর্তন হবে? [M. Exam. 1979, '82]

17. পদার্থের ভৌত ধর্ম ব'লতে কি বোঝ? কোন্ ভৌত ধর্মের সাহায্যে নীচের পদার্থদ্বয়ের সনাক্তকরণ সম্ভব—

(i) অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন, (ii) সাধারণ লবণ ও চকের গুঁড়ো, (iii) চকখড়ি ও গ্রাফাইট, (iv) তামা ও লেড. (v) কেরোসিন ও অ্যালকোহল, (vi) লোহা ও অ্যালুমিনিয়াম, (vii) কর্পূর ও চিনি, (viii) ময়দা ও চিনি, (iv) জল ও স্পিরিট, (x) তুঁতে ও চকের গুঁড়ো।

18. রাসায়নিক পরিবর্তনের বিভিন্ন কারণগুলি উপযুক্ত উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

19. ধাতু ও অধাতুর মধ্যে মূল পার্থক্যগুলি লেখ। যথাযথ উদাহরণ দাও।

[M. Exam. 1986]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) কঠিন ও গ্যাসীয় পদার্থের পার্থক্য কি?

(ii) গ্যাস ও তরলকে প্রবাহী বলে কেন?

(iii) রাসায়নিক ও ভৌত পরিবর্তন কাকে বলে?

(iv) লোহায় মরিচা ধরা ঠিক রাসায়নিক পরিবর্তন, না ভৌত পরিবর্তন?

(v) মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ ব'লতে কি বোঝ?

(vi) জল কি একটি মৌলিক পদার্থ?

(vii) চিনির জলীয় দ্রবণে চিনির কিরূপ পরিবর্তন হয়?

(viii) কপারকে মৌল, কিন্তু কপার সালফেটকে যৌগ বলা হয় কেন?

(ix) সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মিশ্রণ ব'লতে কি বোঝ?

(x) ধাতুগুলি ধনাত্মক তড়িৎধর্মী—এই কথার তাৎপর্য কি?

দ্রবণ — দ্রাবক ও দ্রাব
(Solution—Solvent and Solute)

2·1. সূচনা ঃ

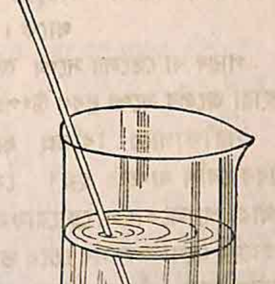
আমরা জানি যে, জলের সহিত কাদা, খড়িমাটি বা বালি মেশালে ইহারা জলের নীচে থিতিয়ে পড়ে। কিন্তু জলের সহিত লবণ, চিনি, তুঁতে ইত্যাদি মেশালে ইহারা অবিচ্ছিন্নভাবে মিশে যায়। এইরূপ মিশ্রণকে জলীয় দ্রবণ বলে।

জলে অনেক পদার্থ দ্রবীভূত হ'লেও তেল, রঙ, মোম ইত্যাদি জৈব পদার্থ দ্রবীভূত হয় না। ইথার, বেঞ্জিন, কেরোসিন, পেট্রোল ইত্যাদি তরল পদার্থে জৈব পদার্থ দ্রবীভূত হয়। আবার কার্বন ডাইসালফাইডে গন্ধক ও আয়োডিন দ্রবীভূত হয়। কাজেই জল ছাড়াও অন্যান্য জৈব বা অজৈব তরলেরও দ্রবণ ক্ষমতা আছে।

2·2. দ্রবণ (Solution) ঃ

দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব (homogeneous) মিশ্রণকে **দ্রবণ** (*solution*) বলে। কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় দ্রবণের উপাদানগুলির পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তন করা যায়।

● **পরীক্ষা ঃ** একটি বীকারে কিছুটা পরিষ্কার জল নিয়ে ইহাতে অল্প কিছু লবণ মিশিয়ে ভালভাবে নাড়ালে জলের সঙ্গে লবণ সম্পূর্ণরূপে মিশে লবণের দ্রবণ তৈরি করে (চিত্র 130)। লবণ অদৃশ্য হ'লেও দ্রবণের নোনা স্বাদ জলের মধ্যে লবণের অস্তিত্ব প্রমাণ করে। তাছাড়া পরীক্ষা ক'রলে বোঝা যায় যে, দ্রবণের সব অংশেই জল ও লবণের অনুপাত সমান ; যেমন, দ্রবণের বিভিন্ন অংশ থেকে এক সি. সি. নিয়ে পরীক্ষা ক'রলে লবণের পরিমাণ একই হ'তে দেখা যায়। কাজেই বোঝা যায় যে, লবণ জলে ছড়িয়ে পড়ে। জলে লবণের এই মিশ্রণকে **সমসত্ত্ব** মিশ্রণ বলে। এই সমসত্ত্ব মিশ্রণই দ্রবণ। লবণের পরিবর্তে চিনি, তুঁতে, ফটকিরি ইত্যাদি দ্রবীভূত ক'রলে ঐ পদার্থগুলির নিজ নিজ জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।



চিত্র 130

অনেক সময় একটি পদার্থের মধ্যে একাধিক পদার্থ সমসত্ত্ব ভাবে মিশে যায়। এরূপ মিশ্রণকে **মিশ্র দ্রবণ** বলে। চিনি, লবণ ও তুঁতে একসঙ্গে দ্রবীভূত হ'য়ে মিশ্র দ্রবণ তৈরী করে।

দ্রবণে দু'টি উপাদান থাকলে যার পরিমাণ বেশি হয় তাকে **দ্রাবক** (*solvent*) এবং যার পরিমাণ কম হয় তাকে **দ্রাব** (*solute*) বলে। দ্রাবক ও দ্রাব কথা দু'টি আপেক্ষিক, কারণ একই পদার্থ বেশি পরিমাণে থাকলে দ্রাবক ও কম পরিমাণে থাকলে দ্রাব হয়। লবণের জলীয় দ্রবণে জল দ্রাবক ও লবণ দ্রাব। অর্থাৎ

দ্রবণ (Solution) = দ্রাবক (Solvent) + দ্রাব (Solute)

● **সংজ্ঞা :** কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের কোন দুটি বা তার বেশি একত্রে মিশে যদি এইরূপ কোন সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে যার সব অংশের গঠন এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একই হয় তাহ'লে সমসত্ত্ব মিশ্রণকে **দ্রবণ** বলে।

● **বিভিন্ন প্রকার দ্রবণ (Different types of solution) :** দ্রাব ও দ্রাবকের বিভিন্ন প্রকারের দ্রবণ পাওয়া যায়। যেমন—

	দ্রাবক	দ্রাব	উদাহরণ
(i)	তরল	কঠিন	...জলে লবণ, তুঁতে বা চিনির দ্রবণ ; তার্পিন তেলে গালার দ্রবণ।
(ii)	তরল	তরল	...অ্যালকোহল ও জলের দ্রবণ। অ্যাসিড ও জলের দ্রবণ ;
(iii)	তরল	গ্যাস	·জলে SO_2 গ্যাস, Cl_2 গ্যাস বা CO_2 গ্যাসের দ্রবণ ; CO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণকে সোডা ওয়াটার বলে।
(iv)	কঠিন	কঠিন	...সংকর ধাতু (যেমন, পিতল, তামা ও দস্তার মিশ্রণ)
(v)	কঠিন	তরল	...পারদ সংকর (যেমন, টিন ও পারদের মিশ্রণ)
(vi)	কঠিন	গ্যাস	..প্যালাডিয়াম ধাতু দ্বারা হাইড্রোজেন গ্যাসের শোষণ।
(vii)	গ্যাস	গ্যাস	...বায়ুতে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি কয়েকটি গ্যাস মিশে থাকে। সুতরাং ইহাকে গ্যাসে গ্যাসের দ্রবণ বলা যায়।

পারদ বা তেলের সঙ্গে জল মেশালে দু'টি পৃথক স্তর দেখা যায়। সুতরাং ইহারা জলের সঙ্গে দ্রবণ উৎপন্ন করে না।

পরীক্ষাগারে বিভিন্ন ধরনের তরল দ্রাবক বেশি ব্যবহৃত হয়। যেমন—জল, ইথার, অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি। ইহাদের মধ্যে জল সব চেয়ে ভাল দ্রাবক। কারণ জলে বিভিন্ন প্রকার দ্রাব দ্রবীভূত হয়। আবার পাতন, কেলাসন, বাষ্পীভবন ইত্যাদির সাহায্যে জলীয় দ্রবণ থেকে দ্রাব ও দ্রাবককে সহজে পৃথক করা যায়।



চিত্র 131

● **দ্রবণের বৈশিষ্ট্য :** (i) ইহা সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ, কেননা ইহার প্রতি বিন্দুতে আপেক্ষিক গুরুত্ব সমান। (ii) ইহার মধ্যে দ্রাব ও দ্রাবকের ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। লবণের দ্রবণে লবণ ও জলের ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। (iii) ভৌত পদ্ধতিতে দ্রবণের দ্রাব ও দ্রাবক পৃথক করা যায়। যেমন লবণের জলীয় দ্রবণকে পাতিত ক'রলে পাতন পাত্রে লবণ প'ড়ে থাকে এবং পাতিত তরল রূপে জল পাওয়া যায়। আবার কেলাসন পদ্ধতিতেও আংশিকভাবে দ্রাব পৃথক করা যায়। (iv) দ্রবণের উষ্ণতা পরিবর্তন ক'রে দ্রবণে দ্রাবকের মাত্রা পরিবর্তন করা যায়। (v) দ্রবণ তৈরি করার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব হ'তে পারে, আবার নাও হ'তে পারে। (vi) দ্রবণকে নাড়াচাড়া না ক'রে বহু সময় ধ'রে রেখে দিলেও

দ্রাব বস্তু থিতিয়ে পড়ে না। (vii) জলীয় দ্রবণের বর্ণ দ্রাবের বর্ণ অনুযায়ী হয়, যেমন তুঁতের বর্ণ নীল ও ইহার দ্রবণের বর্ণও নীল।

● **গ্যাসীয় দ্রবণ :** শীতল জলের চেয়ে উষ্ণ জলে গ্যাসের দ্রবণীয়তা কম। কাজেই উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রলে জলে গ্যাসের দ্রবণীয়তা কমে, আবার চাপ বাড়লে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বাড়ে. কিন্তু চাপ কমলে দ্রবণীয়তা কমে, **তাই সোডা ওয়াটারের বোতলের মুখ খুললে অর্থাৎ চাপ কমলে গ্যাস নির্গত হয় ;** বায়ুমণ্ডলের চাপ বাড়লে সমুদ্র জলে CO_2 গ্যাসের দ্রবণীয়তা বাড়ে।

● **অসংপৃক্ত ও সংপৃক্ত দ্রবণ (Unsaturated and saturated solution) :**

পরীক্ষা : (i) ঘরের উষ্ণতায় একটি বীকারে কিছুটা জল নেওয়া হয়। এই জলে চূর্ণ কপার সালফেট (তুঁতে) ফেলা হয় ও জলকে কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়া হয়। জলে ক্রমাগত তুঁতে ফেলে নাড়ালে দেখা যায় যে, এক সময় তুঁতে আর দ্রবীভূত হচ্ছে না। অর্থাৎ ঘরের উষ্ণতায় ঐ জল আর তুঁতে দ্রবীভূত ক'রতে পারছে না। এই অবস্থায় তুঁতের যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে **সংপৃক্ত দ্রবণ** বলে।

(ii) এবার ঐ বীকারে অল্প জল দিয়ে নাড়ালে দেখা যায় যে, এক সময় বীকারের তলায় পড়ে থাকা তুঁতে দ্রবীভূত হয়। আরো একটু জল দিলে ঐ দ্রবণ আরও তুঁতে দ্রবীভূত ক'রতে পারে। এই অবস্থায় যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে **অসংপৃক্ত দ্রবণ** বলে।

(iii) তুঁতে যোগ ক'রে অসংপৃক্ত দ্রবণকে পুনরায় সংপৃক্ত করা হয় যাতে বীকারের তলায় কিছু তুঁতে অদ্রবীভূত অবস্থায় প'ড়ে থাকে। এবার বীকারকে তাপ দিয়ে দ্রবণ নাড়তে থাকলে দেখা যায় যে, বীকারের তলায় পড়ে থাকা তুঁতে দ্রবীভূত হয়। কাজেই, উচ্চ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক বেশি দ্রাবকে দ্রবীভূত ক'রতে পারে।

উপরের পরীক্ষা থেকে বোঝা যায় যে, কোন একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হয়। ঐ দ্রাবকে আরো বেশি দ্রাব যোগ ক'রলে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত না হ'য়ে আলাদা থেকে যায়। অবশ্য উষ্ণতা বাড়ালে দ্রাবকের দ্রাব দ্রবীভূত করার ক্ষমতা বাড়ে।

● **সংজ্ঞা :** একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হ'য়ে যে স্থায়ী দ্রবণ উৎপন্ন করে তাকে **সংপৃক্ত দ্রবণ** (*saturated solution*) বলে। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকলে সংপৃক্ত দ্রবণে সামান্য পরিমাণ দ্রাব্য মেশালেও ইহা আর দ্রবীভূত হয় না। তবে উষ্ণতা বা দ্রাবকের পরিমাণ বাড়লে সংপৃক্ত দ্রবণ অসংপৃক্ত হ'য়ে যায়।

● **সংজ্ঞা :** একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণটি সংপৃক্ত হয়, তার থেকে কম পরিমাণ দ্রাব যদি দ্রবীভূত থাকে তাহ'লে ঐ দ্রবণকে ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় **অসংপৃক্ত দ্রবণ** বলে।

অসংপৃক্ত দ্রবণে অল্প পরিমাণ দ্রাব মেশালে ইহা সামগ্রিকভাবে বা আংশিকভাবে দ্রবীভূত হয়। এই অসংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ দ্রাবকের তুলনায় কম হ'লে ইহাকে **লঘু** (*dilute*) দ্রবণ এবং দ্রাবের পরিমাণ বেশি হ'লে ইহাকে গাঢ় (*concentrated*)

দ্রবণ বলে। লঘু অ্যাসিড ও গাঢ় অ্যাসিড এইরূপ দ্রবণের উদাহরণ। কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে তাকে গাঢ়তা (*concentration*) বলে।

উদাহরণ 2·1. : 50°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 85 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত ক'রলে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী হয়। 60°C উষ্ণতায় এই সংপৃক্ত দ্রবণ অসংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয় এবং এই অসংপৃক্ত দ্রবণে 110 গ্রাম পর্যন্ত পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত ক'রে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করা যায়।

● **অতিপৃক্ত দ্রবণ (Supersaturated solution)** : স্বাভাবিক অবস্থায় সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে আর দ্রাব দ্রবীভূত করা যায় না, কিন্তু অনেক ক্ষেত্রে কোন দ্রবণকে বেশী উষ্ণতায় সংপৃক্ত ক'রে কোনরূপ নাড়াচাড় না ক'রে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হ'তে দিলে ঐ দ্রবণ থেকে কোন দ্রাব পৃথক হয় না। অর্থাৎ ঐ উষ্ণতায় ঐ দ্রাবকের সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরি ক'রতে যত দ্রাব প্রয়োজন হয় তার থেকে বেশি দ্রাব ঐ দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে। দ্রবণের এইরূপ অবস্থাকে **অতিপৃক্ত অবস্থা** বলে।

● **সংজ্ঞা** : কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবককে সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত ক'রতে যে পরিমাণ দ্রাব প্রয়োজন হয় তার থেকে বেশি দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ উষ্ণতায় **অতিপৃক্ত দ্রবণ** বলে। সাধারণ উষ্ণতায় চিনির জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত ক'রে অতিরিক্ত চিনি দ্রবীভূত ক'রলে চিনির গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে ঠাণ্ডা ক'রলে অতিরিক্ত চিনি পৃথক হয় না। ইহাকে সামান্য নাড়াচাড়া ক'রলে বা ইহাতে সামান্য দ্রাব মেশালে অতিরিক্ত দ্রাব কেলাস আকারে তলায় প'ড়ে যায় এবং ইহা পুনরায় সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

● **সংপৃক্ততার পরীক্ষা** : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি দ্রবণ সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত না অতিপৃক্ত জানতে হ'লে ঐ দ্রবণের সঙ্গে অল্প পরিমাণ দ্রাব মেশাতে হয়। দ্রাবটি সামগ্রিকভাবে বা আংশিকভাবে দ্রবীভূত হ'লে বুঝতে হবে যে, দ্রবণটি অসংপৃক্ত। আর দ্রাবটি যদি আদৌ দ্রবীভূত না হয় তা'হলে বুঝতে হ'বে যে, ইহা সংপৃক্ত। কিন্তু যদি দ্রাবের পরিমাণ বেড়ে যায় তাহ'লে বুঝতে হবে ইহা অতিপৃক্ত।

● **সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত দ্রবণের পারস্পরিক পরিবর্তন** :

(i) কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত কোন দ্রবণের উষ্ণতা বাড়ালে ইহা অসংপৃক্ত হয় অর্থাৎ কম উষ্ণতায় সংপৃক্ত কোন দ্রবণ বেশি উষ্ণতায় অসংপৃক্ত হয়।

(ii) কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত কোন দ্রবণে আরও অধিক পরিমাণ দ্রাবক মেশালে ইহা অসংপৃক্ত হয়।

(iii) কোন উষ্ণতায় অসংপৃক্ত কোন দ্রবণকে ফুটিয়ে প্রয়োজনীয় পরিমাণ দ্রাবককে বাষ্পীভূত ক'রে দ্রবণকে প্রাথমিক উষ্ণতায় ফিরিয়ে আনলে ইহা ঐ উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

(iv) কোন উষ্ণতায় অসংপৃক্ত কোন দ্রবণের উষ্ণতা পরিবর্তন না ক'রে ইহাতে পর্যাপ্ত পরিমাণ দ্রাব মিশিয়ে ইহাকে ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত করা যায়।

(v) কোন উষ্ণতায় অসংপৃক্ত কোন দ্রবণকে প্রয়োজনীয় পরিমাণ ঠাণ্ডা ক'রে কম উষ্ণতায় সংপৃক্ত করা যায়।

2·3. দ্রবণীয়তা বা দ্রাব্যতা (Solubility) :

● সংজ্ঞা : কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত করার জন্য যত গ্রাম দ্রাব প্রয়োজন, দ্রাবের সেই গ্রাম ওজন সূচক সংখ্যাকে ঐ উষ্ণতায় ঐ দ্রাবের দ্রাব্যতা বলে।

40°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক 36·6 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হয়। কাজেই, 40°C উষ্ণতায় জলে লবণের দ্রাব্যতা 36·6।

20°C উষ্ণতায় লেড নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 54 ব'ললে বোঝায় যে, 20°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 54 গ্রাম লেড নাইট্রেট দ্রবীভূত হ'লে সংপৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়।

দ্রাব্যতার কোন একক নেই, ইহা একটি সংখ্যা মাত্র।

$$t^\circ\text{C উষ্ণতায় দ্রাব্যতা} = \frac{\text{গ্রামে দ্রাবের ভর} \times 100}{\text{গ্রামে দ্রাবকের ভর}}$$

অর্থাৎ মনে করি সংপৃক্ত দ্রবণের উষ্ণতা $= t^\circ$C, ইহাতে দ্রাবের ভর $=$ M গ্রাম ; দ্রাবকের ভর $=$ N গ্রাম ও দ্রাব্যতা $= x$; সুতরাং

$$t^\circ\text{C উষ্ণতায়,} \quad x = \frac{M}{N} \times 100 \cdots\cdots(1)$$

আবার t°C উষ্ণতায় কোন সংপৃক্ত দ্রবণের ভর a গ্রাম এবং উহাতে দ্রবীভূত দ্রাবের ভর b গ্রাম হ'লে দ্রাবকের ভর $= (a-b)$ গ্রাম।

দ্রাব্যতা, $x = [b/(a-b)] \times 100$

কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা ইহার ও দ্রাবকের প্রকৃতি, দ্রবণের উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভর করে। জলে গ্যাসীয় পদার্থের দ্রাব্যতা চাপ বাড়লে বাড়ে ও চাপ কমালে কমে। কিন্তু চাপের প্রভাবে তরল দ্রাবকে কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতার কোন পরিবর্তন হয় না। জলে চিনি, লবণ ইত্যাদি দ্রবীভূত হয়। কিন্তু জলে গন্ধক দ্রবীভূত হয় না। ইহা কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রবীভূত হয়। সুতরাং একই দ্রাবকে সব পদার্থ দ্রবীভূত হয় না। আবার জলে চিনি, লবণ ইত্যাদি দ্রবীভূত হ'লেও কোন এক উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে ঐ পদার্থগুলি সমান পরিমাণে দ্রবীভূত হ'য়ে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করে না। কাজেই কোন দ্রাবকে একটি দ্রাব দ্রবীভূত হবে কিনা এবং হ'লে কি পরিমাণে হবে, সেটা দ্রাবক ও দ্রাবের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

● **দ্রাব্যতা নির্ণয় (Determination of solubility) :** একটি পাত্রকে ওজন করা হয়। এবার ঐ পাত্রে কিছুটা দ্রবণ নিয়ে ওজন করা হয়। দ্বিতীয় ওজন থেকে প্রথম ওজন বিয়োগ ক'রলে সংপৃক্ত দ্রবণের ওজন পাওয়া যায়। পাত্রসহ দ্রবণকে জলগাহে রেখে শুষ্ক করা হয় ও পুনরায় ওজন করা হয়। দ্রবণসহ পাত্রের ওজন থেকে এই তৃতীয় ওজন বিয়োগ ক'রলে দ্রাবকের ওজন পাওয়া যায়। তৃতীয় ওজন থেকে প্রথম ওজন বিয়োগ ক'রলে দ্রাবের ওজন পাওয়া যায়। এবার দ্রাব ও দ্রাবকের ওজনকে উপরের (1) নং সূত্রে ব্যবহার ক'রলে দ্রাব্যতা পাওয়া যায়।

● **দ্রাব্যতার উপর উষ্ণতার প্রভাব Effect of temperature on solubility) :** সাধারণভাবে উষ্ণতা বাড়ালে দ্রাব্যতা বাড়ে। যেমন KNO_3, NaCl ইত্যাদির দ্রাব্যতা উষ্ণতা বাড়লে বাড়ে। কিন্তু এই বৃদ্ধির হার সব পদার্থের বেলায় সমান নয়।

যেমন, উষ্ণতা বাড়লে KNO_3 এর দ্রাব্যতা দ্রুত বাড়ে কিন্তু NaCl এর বেলায় এই বৃদ্ধির হার খুবই কম। আবার কলিচুন $[Ca(OH)_2]$ ইত্যাদির উষ্ণতা বাড়ালে দ্রাব্যতা কমে। বিভিন্ন পরীক্ষায় দেখা যায় যে, যে পদার্থগুলি দ্রবীভূত হওয়ার সময় তাপ গ্রহণ করে তাদের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে বেড়ে যায়। আর যে পদার্থগুলি দ্রবীভূত হওয়ার সময় তাপ বর্জন করে তাদের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে কমে যায়।

$Na_2SO_4, 10H_2O$; $FeSO_4, 7H_2O$ ইত্যাদি পদার্থের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বাড়লে প্রথমে বাড়তে থাকে এবং পরে আবার কমতে থাকে। কারণ একটি বিশেষ উষ্ণতায় ইহাদের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ সোদক সালফেট নিরুদিত হয়। দ্রাব গ্যাসীয় হ'লে তরল দ্রাবকে ইহার দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কমতে থাকে। তাই পরীক্ষাগারে কোন দ্রবণকে উত্তপ্ত ক'রলে ইহাতে দ্রবীভূত H_2S, SO_2, CO_2, ইত্যাদি গ্যাস নির্গত হয়।

100 গ্রাম জলে বিভিন্ন উষ্ণতায় তিনটি বিভিন্ন পদার্থের দ্রবণীয়তা দেওয়া হ'য়েছে—

পদার্থের নাম	0°C	50°C	100°C
সোডিয়াম ক্লোরাইড	35·6	36·7	39·1
পটাসিয়াম নাইট্রেট	13 3	85·5	246 0
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট	35·0	48·5	74·0

ইহার অর্থ 100°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণকে 50°C উষ্ণতায় আনলে দ্রবণ থেকে $(39{\cdot}1-36{\cdot}7)=2{\cdot}4$ গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তলায় থিতিয়ে পড়ে। আবার 50°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের দ্রবণকে 0°C উষ্ণতায় আনলে দ্রবণ থেকে $(48{\cdot}5-35{\cdot}0)=13{\cdot}5$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সালফেট দ্রবণের তলায় থিতিয়ে পড়ে।

● **দ্রাব ও দ্রাবকের পৃথকীকরণ (Separation of solute from solvent) :**

(i) জলীয় দ্রবণকে তাপ দিয়ে উত্তপ্ত ক'রলে জল বাষ্পীভূত হয় ও দ্রাব অবশেষরূপে পাত্রে প'ড়ে থাকে। সাধারণ লবণের জলীয় দ্রবণ বাষ্পীভূত ক'রলে পাত্রে লবণ অবশেষরূপে প'ড়ে থাকে। (ii) উচ্চ উষ্ণতায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণ ঠাণ্ডা ক'রলে দ্রাবের একাংশ কেলাস রূপে থিতিয়ে পড়ে। এই ভাবে বিভিন্ন দ্রাবের কেলাস তৈরি করা যায়। (iii) যে কোন দ্রবণকে পাতিত ক'রলে গ্রাহক পাত্রে দ্রাবক সঞ্চিত হয় এবং পাতন পাত্রে দ্রাব অবশেষ রূপে প'ড়ে থাকে।

উদাহরণ 2·1. 40°C উষ্ণতায় কোন লবণের দ্রাব্যতা 40। এই উষ্ণতায় ঐ লবণের একটি সংপৃক্ত দ্রবণের 100 gm. বিশুষ্ক ক'রলে কি পরিমাণ লবণ পাওয়া যায় ?

সমাধান : 40°C উষ্ণতায় 100 gm জলে 40 gm. লবণ দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণ সংপৃক্ত হয়। কাজেই, দ্রবণের ওজন 140 gm.। সুতরাং,

140 gm. দ্রবণকে বিশুষ্ক ক'রলে 40 gm. লবণ পাওয়া যায়,

$\therefore$ 1 " " " " $\frac{40}{140}$ " " " "

$\therefore$ 100 " " " " $\frac{40}{140}\times 100=28{\cdot}57$gm. লবণ পাওয়া যায়

উদাহরণ 2·2. 50°C উষ্ণতায় জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 39·1। এই উষ্ণতায় 100 gm. সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরি ক'রতে কি পরিমাণ লবণের প্রয়োজন ?

সমাধান : 50°C উষ্ণতায় 100 gm. জলে 39·1 gm. পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হ'লে ঐ দ্রবণ সংপৃক্ত হয়।

সুতরাং, 50°C উষ্ণতায় 139·1 gm. দ্রবণে লবণের পরিমাণ = 39·1 gm.

50°C " 1 " " " " $= \frac{39·1}{139·1}$

50°C " 100 " " " " $= \frac{39·1 \times 100}{139·1}$

$= 28·1$ gm.।

উদাহরণ 2·3. 30°C উষ্ণতায় কোন লবণের 40 gm. সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত ক'রতে ইহার 20 gm. প্রয়োজন হয়। এই উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা কত ?

সমাধান : 40 gm. সংপৃক্ত দ্রবণে লবণের পরিমাণ = 20 gm.

অতএব, জলের পরিমাণ $= 40 - 20 = 20$ gm.

30°C উষ্ণতায় 20 gm. জলে 20 gm. লবণ দ্রবীভূত ক'রলে ইহা সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

30°C " 100 " " $\frac{20}{20} \times 100 = 100$ gm. লবণ দ্রবীভূত ক'রলে ইহা সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়। কাজেই, 30°C উষ্ণতায় জলে লবণের দ্রাব্যতা 100।

উদাহরণ 2·4. 40°C উষ্ণতায় সাধারণ লবণের দ্রাব্যতা 40 ; ঐ উষ্ণতায় প্রস্তুত 140 গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণ বাষ্পীভূত ক'রলে কত গ্রাম লবণ পাওয়া যায় ? [M. Exam. (Comp.) 1977]

সমাধান : দ্রাব্যতা $= \frac{\text{দ্রাবের ওজন (গ্রাম)}}{\text{দ্রাবকের ওজন (গ্রাম)}} \times 100$।

দ্রাবের ওজন x গ্রাম হ'লে, দ্রাবকের ওজন $= (140 - x)$ গ্রাম

অতএব, $40 = \frac{x}{140 - x} \times 100$, বা, $x = 40$ গ্রাম।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. দ্রবণ, দ্রাবক ও দ্রাব ব'লতে কি বোঝায় উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।
2. অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে ? কিভাবে অসম্পৃক্ত দ্রবণকে সম্পৃক্ত দ্রবণে পরিণত করা যায় ?
3. (a) সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে ? জলে চিনির দ্রবণ দেওয়া আছে। দ্রবণটি সম্পৃক্ত না অসম্পৃক্ত কিভাবে নিরূপণ ক'রবে ? [Tripura 1983]
   (b) সম্পৃক্ত দ্রবণ ব'লতে কি বোঝ ? 50°C তাপমাত্রার জলে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা 37 ব'লতে কি বোঝ ? [M. Exam. 1984]
4. দ্রাব্যতা ব'লতে কি বোঝায় ? [M. Exam. 1979] উষ্ণতার সঙ্গে দ্রাব্যতার সম্পর্ক আলোচনা কর। "60°C উষ্ণতার জলে সাধারণ লবণের দ্রাব্যতা 37·3—ব'লতে কি বোঝায় ?
5. নিম্নলিখিত দ্রবণে দ্রাব ও দ্রাবকের নাম লেখ :—
   (i) বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসীয় দ্রবণ, (ii) লবণের জলীয় দ্রবণ, (iii) তুঁতের জলীয় দ্রবণ, (v ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ।
6. সোডা ওয়াটারের ছিপি খুললে বুদ্বুদ্ আকারে গ্যাস নির্গত হয় কেন ?
7. সাধারণ উষ্ণতায় তুঁতের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ কিভাবে তৈরি ক'রবে ? এই দ্রবণটি সম্পৃক্ত হ'ল কিনা তা কিরূপে নির্ণয় ক'রবে ? এই সম্পৃক্ত দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা ক'রলে কি হয় ? [M. Exam. (Comp.) 1976]

8. তোমাকে সাধারণ লবণের একটি অসম্পৃক্ত দ্রবণ দেওয়া হ'ল। আর অধিক লবণ না মিশিয়ে উক্ত দ্রবণকে সম্পৃক্ত করার দু'টি পদ্ধতি উল্লেখ কর। [M. Exam. 1976]

9. সম্পৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে? একটি দ্রবণ সম্পৃক্ত কিনা তা কিরূপে নির্ণয় ক'রবে?
[M. Exam. (Comp·) 1977]

10. '20°C উষ্ণতায় খাদ্য লবণের দ্রাব্যতা 35'—এই উক্তিদ্বারা কি বোঝায়? [M. Exam. 1983]

11. হ্যাঁ কি না বল :—

(i) পিতল এক প্রকার দ্রবণ, (ii) উষ্ণতা বাড়লে যে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা বাড়ে, (iii) অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে দ্রবণ বলে, (iv) চাপ পরিবর্তনেও পদার্থের দ্রাব্যতার পরিবর্তন ঘটে, (v) অতিপৃক্ত দ্রবণ অস্থায়ী, (vi) একই দ্রাবকে একাধিক দ্রাব দ্রবীভূত হয় না।

12. '30°C উষ্ণতায় একটি লবণের দ্রাব্যতা 45'—এই উক্তির অর্থ লেখ।
[M Exam. (Tripura) 1983]

13. '20°C উষ্ণতায় খাদ্য লবণের দ্রাব্যতা 35'—এই উক্তি দ্বারা কি বোঝা যায়?
[M. Exam. 1983]

14. পরীক্ষা দ্বারা কিরূপে দেখাবে যে, জলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণীয়তা উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। [M. Exam. (Tripura) 1984]

15. সম্পৃক্ত দ্রবণ ব'লতে কি বোঝ? উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও। তরলে গ্যাসীয় পদার্থের দ্রবণের একটি উদাহরণ দাও। দ্রাবকের উষ্ণতা বাড়ালে ঐ দ্রাবকে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা কমে না বাড়ে? দু'টি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1977]

গাণিতিক প্রশ্ন :

16. 30°C উষ্ণতায় জলে তুঁতের দ্রাব্যতা 25। ঐ উষ্ণতায় 750 gm জলকে তুঁতে দ্বারা সম্পৃক্ত ক'রতে কত গ্রাম তুঁতের প্রয়োজন? [187 5 gm]

17. 20°C উষ্ণতায় খাদ্য লবণের দ্রাব্যতা 25। ঐ উষ্ণতায় খাদ্য লবণের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণের 50 gm পরিমাণ নিয়ে উহাকে বিশুষ্ক ক'রলে কি পরিমাণ খাদ্য লবণ পাওয়া যাবে? [10 gm]

18. কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি কঠিন পদার্থের 36 gm নিয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত ক'রতে কতটা জলের প্রয়োজন হবে? ধ'রে নাও যে, ঐ উষ্ণতায় পদার্থটির দ্রাব্যতা 45। [80 gm]

19. 20°C উষ্ণতায় 75 gm ভরবিশিষ্ট চিনির সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত ক'রলে 50 gm চিনি পাওয়া যায়। ঐ উষ্ণতায় চিনির দ্রাব্যতা কত? [200 gm]

20. 40°C উষ্ণতায় 12 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট 100 gm. জলে দ্রবীভূত হ'য়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করে। ঐ উষ্ণতায় পটাসিয়াম ক্লোরেটের দ্রাব্যতা কত? [12]

21. 40°C উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা 40। এই উষ্ণতায় লবণের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণের 100 গ্রাম বিশুষ্ক ক'রলে কি পরিমাণ লবণ পাওয়া যাবে? [M. Exam. (Comp.) 1977] [28·6 গ্রাম]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে?
(ii) সম্পৃক্ত দ্রবণ কিভাবে তৈরি করা হয়?
(iii) অতিপৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে?
(iv) দ্রাব্যতা বলতে কি বোঝায়?
(v) একটি কঠিন—কঠিন দ্রবণের উদাহরণ দাও।
(vi) অসম্পৃক্ত দ্রবণকে কিভাবে সম্পৃক্ত করা যায়?
(vii) সম্পৃক্ত দ্রবণের উষ্ণতা বাড়ালে কি হবে?
(viii) সম্পৃক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব যোগ ক'রলে কি হবে?

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

চিহ্ন, সংকেত ও সমীকরণ
(Symbol, Formula & Equation)

3·1. চিহ্ন বা প্রতীক (Symbol) :

রাসায়নিক বিক্রিয়া লেখার সময় বিভিন্ন পদার্থের পুরো নাম লিখতে বিশেষ অসুবিধা হয়। তাই সংক্ষেপে মৌলিক পদার্থের পরিচয় লেখা হয়।

● **সংজ্ঞা : মৌলিক পদার্থের সাংকেতিক নামকেই চিহ্ন বা প্রতীক বলে।**

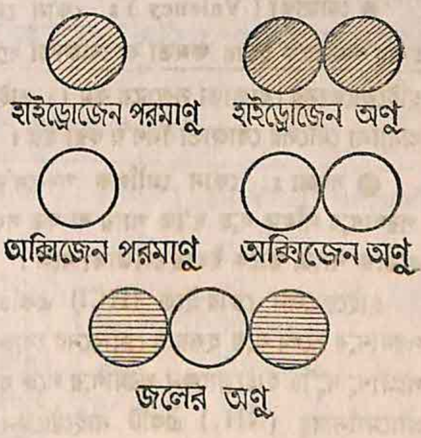
সাধারণত মৌলের ইংরেজী বা ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষরকে ইংরেজীর বড় হরফে লিখে চিহ্ন প্রকাশ করা হয়। যেমন, অক্সিজেন (Oxygen)—O, হাইড্রোজেন (Hydrogen)—H, সালফার (Sulphur)—S, নাইট্রোজেন (Nitrogen)—N, ইত্যাদি। যে সব ক্ষেত্রে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের নামের প্রথম অক্ষর একই, সেই সব ক্ষেত্রে ইহাদের একটি চিহ্ন, নামের প্রথম অক্ষর দ্বারা এবং অন্যগুলির চিহ্ন প্রথম অক্ষরের সঙ্গে অন্য একটি উপযুক্ত অক্ষর ছোট হরফে লিখে সূচিত করা হয়। যেমন, কার্বন (Carbon)—C, ক্লোরিন (Chlorine)—Cl, ক্যালসিয়াম (Calcium)—Ca, কোবাল্ট (Cobalt)—Co, কপার (Cuprum)—Cu, ক্রোমিয়াম (Chromium)—Cr। অনুরূপভাবে, বোরন (Boron)—B, বেরিয়াম (Barium)—Ba ও ব্রোমিন (Bromine)—Br ইত্যাদি।

3·2. রাসায়নিক সংকেত বা ফর্মুলা (Chemical formula) :

সাংকেতিক চিহ্নের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের (যৌগিক পদার্থেরও) একটি অণুকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়।

● **সংজ্ঞা : যৌগিক বা মৌলিক পদার্থের অণুর সাংকেতিক প্রকাশকেই রাসায়নিক সংকেত বা ফর্মুলা বলে।**

একটি মৌল অণুতে পরমাণুর সংখ্যাকে উহার **পারমাণবিকতা** (atomicity) বলে। মৌলিক পদার্থের অণুগুলি সমধর্মী পরমাণু দ্বারা গঠিত। মৌলিক পদার্থের অণুর সংকেত লেখার জন্য পরমাণুর চিহ্ন লিখে তার ডানদিকে একটু নীচে ইহার প্রতি অণুতে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে সেই সংখ্যাকে ছোট অক্ষরে লিখতে হয়। যেমন, হাইড্রোজেন অণুর সংকেত 'H_2' কারণ ইহার প্রতীক H এবং ইহার প্রত্যেক অণুতে দু'টি ক'রে পরমাণু আছে। অনুরূপভাবে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ও ব্রোমিন অণু দ্বি-পারমাণবিক হওয়ায় ইহাদের সংকেত যথাক্রমে, O_2, N_2, Cl_2, Br_2। ফসফরাসের অণুতে চারটি পরমাণু থাকায় ইহার



চিত্র 132

সংকেত P_4। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, কপার, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর বাষ্পে একটি ক'রে পরমাণু থাকায় ইহাদের আণবিক সংকেত যথাক্রমে Na, K, Cu, Mg ইত্যাদি।

যে সব অধাতু জাতীয় পদার্থ প্রকৃতিতে কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায় তাদের পারমাণবিক ও আণবিক সংকেত সমভাবে এক পরমাণু দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন কার্বন (C), সালফার (S), বোরন (B), সিলিকন (Si) ইত্যাদি।

কোন মৌলের প্রতীকের বাম দিকে বড় ক'রে কোন সংখ্যা লিখলে ইহা পরমাণুর সংখ্যা সূচিত করে। যেমন, '2H' লিখলে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয় নি এমন দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণু বোঝায়। আবার আণবিক সংকেতের বাম দিকে বড় ক'রে কোন সংখ্যা লিখলে ইহা অণুর সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন '$4H_2$' কথার অর্থ চারটি হাইড্রোজেন অণু যার প্রত্যেকটিতে দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত অবস্থায় আছে।

3·3. অণু গঠন প্রণালী :

যে কোন মৌলের পরমাণু অপর যে কোন মৌলের পরমাণুর সাথে ইচ্ছামত যুক্ত হ'য়ে অণু গঠন ক'রতে পারে না। যে সব মৌল পরস্পর যুক্ত হ'য়ে অণু গঠন ক'রতে পারে তারাও যে কোন সংখ্যায় পরস্পর যুক্ত হ'তে পারে না। সাধারণত—

(i) ধনাত্মক তড়িৎধর্মী ধাতু জাতীয় মৌল ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী অধাতু জাতীয় মৌলের সাথে যুক্ত হ'য়ে যৌগ অণু গঠন করে।

(ii) কোন ধাতু জাতীয় মৌলের কত সংখ্যক পরমাণু অধাতু জাতীয় মৌলের কত সংখ্যক পরমাণুর সাথে যুক্ত হ'য়ে যৌগ অণু গঠন ক'রবে তা নির্ভর করে ঐ মৌলের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতার উপর।

● **যোজ্যতা (Valency) :** কোন মৌলের অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হবার ক্ষমতাকে ইহার **ক্ষমতা** বা যোজ্যতা বলে। বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা বিভিন্ন। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা সবচেয়ে কম। তাই হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে এক ধ'রে অন্যান্য মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়।

● সংজ্ঞা : **কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হ'তে পারে বা যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত ক'রতে পারে, তাকে ইহার যোজ্যতা বলে।**

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে (HCl) একটি ক্লোরিন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হওয়ায় ক্লোরিনের যোজ্যতা এক। জলে (H_2O) একটি অক্সিজেন পরমাণু দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হওয়ায় অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই। অ্যামোনিয়ায় (NH_3) একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হওয়ায় নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন। মিথেনে (CH_4) একটি কার্বন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হওয়ায় কার্বনের যোজ্যতা চার।

যৌগ	সংযুক্ত H পরমাণুর সংখ্যা	যোজ্যতা
HCl	1	ক্লোরিনের যোজ্যতা = 1
H_2O	2	অক্সিজেনের যোজ্যতা = 2
NH_3	3	নাইট্রোজেনের যোজ্যতা = 3
CH_4	4	কার্বনের যোজ্যতা = 4

আবার জিঙ্কের (Zn) একটি পরমাণু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) থেকে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত ক'রে জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4$) গঠন করে। কাজেই, Zn এর যোজ্যতা দুই। যে সব মৌল হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না তাদের যোজ্যতা ক্লোরিন বা অক্সিজেনের যোজ্যতার সঙ্গে তুলনা ক'রে নির্ণয় করা হয়। যেমন 1টি Mg পরমাণু 2টি Cl পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে $MgCl_2$ উৎপন্ন করে। আবার 1 টি Al পরমাণু 3টি Cl পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে $AlCl_3$ উৎপন্ন করে। কাজেই, Mg ও Al এর যোজ্যতা যথাক্রমে 2 ও 3। **সুতরাং যত সংখ্যক Cl পরমাণু কোন মৌলের একটি পরমাণুর সংগে যুক্ত হয় তাই ঐ মৌলের যোজ্যতা।**

একটি O-পরমাণুর যোজ্যতা 2। একটি O পরমাণু একটি Zn পরমাণুর সংগে যুক্ত হ'য়ে ZnO গঠন করে। কাজেই, Zn এর যোজ্যতা 2।

অনেক মৌলের একটির বেশি যোজ্যতা আছে। নামকরণের সময় কম যোজ্যতার অণুকে আস (-ous) ও বেশি যোজ্যতার অণুকে ইক (-ic) বলা হয়। যেমন ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও ফেরিক ক্লোরাইডে ($FeCl_3$) আয়রনের (Fe) যোজ্যতা যথাক্রমে দুই ও তিন। নীচে সারণীতে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা দেওয়া হ'য়েছে।

কয়েকটি মৌলের যোজ্যতা

শূন্যযোজী	একযোজী	দ্বিযোজী	ত্রিযোজী	চতুর্যোজী	পঞ্চযোজী
He, Ne,	H, F, Cl,	O,Mg,Ca,	N, P,	C, S,	N, P,
Ar, Kr,	Br, I,	Zn, Ni, S,	Al,	Al,	As (ইক্)
ইত্যাদি	Cu (আস্)	Fe (আস্)	Fe (ইক্)	Sn (ইক্)	
নিষ্ক্রিয়	Hg (আস্)	Pb (আস্)	Mn	Pb (ইক্)	
গ্যাস	Na, K,	Hg (ইক্)	As (আস্)	Mn	
সমূহ	Li, Ag	Cu (ইক্)			
		Sn (আস্)			

যোজ্যতা একটি পূর্ণ সংখ্যা। আমরা জানি যে, কোন মৌলের পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হ'তে পারে সেই সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজ্যতা। যেহেতু হাইড্রোজেন ও অপর সব মৌলের পরমাণু (রাসায়নিক বিক্রিয়ায়) অখণ্ডনীয়, সেজন্য এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাও একটি পূর্ণ সংখ্যা। তাই যে কোন মৌলের যোজ্যতাও একটি পূর্ণ সংখ্যা। যোজ্যতা ভগ্নাংশ হ'তে পারে না। হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (Ar) ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণু নিজের বা অন্য কোন মৌলের সহিত যুক্ত হ'য়ে অণু গঠন ক'রতে পারে না ব'লে ইহাদের যোজ্যতা শূন্য।

● কয়েকটি মৌলের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা

মৌল	যোজ্যতা (Valency)				
	1	2	3	4	5
আয়রন Fe	—	$FeCl_2$ FeO	$FeCl_3$ Fe_2O_3	—	—
কপার Cu	CuCl Cu_2O	$CuCl_2$ CuO	—	—	—
লেড Pb	—	$PbCl_2$ PbO	—	$PbCl_4$ PbO_2	
নাইট্রোজেন	N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5
ফসফরাস	—	—	PCl_3	—	PCl_5

3·4. মূলক (Radical) :

● সংজ্ঞা : অনেক ক্ষেত্রে দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পরের সহিত যুক্ত হ'য়ে সংবদ্ধ অবস্থায় একটি অখণ্ড পরমাণুর ন্যায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। ইহাদের মূলক বলে। এই মূলকগুলি মুক্ত অবস্থায় থাকতে পারে না। কিন্তু ইহাদের নিজস্ব যোজ্যতা আছে। নিম্নে কয়েকটি মূলকের নাম ও যোজ্যতা দেওয়া হ'ল :

● বিভিন্ন যৌগ-মূলকের যোজ্যতা

একযোজী মূলক	দ্বিযোজী মূলক	ত্রিযোজী মূলক
হাইড্রক্সিল—OH,	সালফেট—SO_4,	ফসফাইড—P
অ্যামোনিয়াম—NH_4,	সাইফাইট—SO_3,	ফসফেট—PO_4
নাইট্রেট-NO_3, আয়োডাইড-I,	সালফাইড—S	নাইট্রাইড—N
বাইকার্বনেট —HCO_3,	কার্বনেট—CO_3	
ক্লোরেট—ClO_3,	জিঙ্কেট—ZnO_2	
ক্লোরাইড—Cl,	ডাইক্রোমেট—Cr_2O_7	
ফ্লুওরাইড—F,		
ব্রোমাইড—Br		
অ্যালুমিনেট—AlO_2		
বাইসালফেট—HSO_4		
পারম্যাঙ্গানেট—MnO_4		
সায়ানাইড—CN		

3·5. যৌগিক পদার্থের সংকেত লেখার নিয়ম :

(i) যে মৌলিক পদার্থগুলি দ্বারা কোন যৌগ গঠিত তাদের প্রতীক পাশাপাশি লিখতে হয়। ধাতু ও অধাতু দ্বারা গঠিত যৌগে ধাতু বা হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়াম মূলকের প্রতীক প্রথমে লিখে তার ডানদিকে অধাতু বা অধাতব মূলকের প্রতীক লিখতে হয়।

(ii) প্রত্যেক প্রতীকের উপরে ইহার যোজ্যতা সংখ্যা লিখতে হয়।

(iii) তারপর একটির যোজ্যতা অপরটির ডানদিকে একটু নীচে ছোট হরফে লিখতে হয়। যেমন

$$\overset{2}{Ca}\,\overset{3}{PO_4} \rightarrow Ca^{2} \times \overline{PO}^{3}{}_{4} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

$$\overset{1}{H}\,\overset{2}{SO_4} \rightarrow H_2SO_4$$

যোজ্যতা সংখ্যাগুলি কোন সাধারণ গুণনীয়ক দ্বারা বিভাজ্য হ'লে ইহাদের ঐ গুণনীয়ক দ্বারা ভাগ ক'রে সরল অনুপাতে পরিণত করা হয় এবং তারপর (iii) নম্বর নিয়ম প্রয়োগ করা হয়। যোজ্যতা-সংখ্যা এক বা একই সংখ্যা হ'লে ইহা সংকেতে লেখা হয় না।

● **সংকেতের তাৎপর্য :** কোন পদার্থের আণবিক সংকেত থেকে নীচের তথ্যগুলি জানা যায় :

(i) পদার্থের নাম ও পরিচয় জানা যায় ; ইহা কোন শ্রেণীভুক্ত বোঝা যায়। ফলে ইহার ধর্ম সম্পর্কে ধারণা করা যায়।

(ii) পদার্থের মধ্যে কোন্ কোন্ মৌল আছে এবং ইহাদের প্রত্যেকটির ক'টি ক'রে পরমাণু আছে জানা যায়।

(iii) পদার্থের আণবিক ওজন ও ইহার মৌলগুলির ওজনের অনুপাত হিসেব করা যায়।

যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড একটি পদার্থ। ইহার আণবিক সংকেত H_2SO_4। এই সংকেত থেকে বোঝা যায়—

(a) ইহা অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত

(b) ইহার একটি অণু—দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণু, একটি সালফার পরমাণু ও চারটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত।

(c) ইহার আণবিক ওজন$=(2\times1)+(1\times32)+(4\times16)=98$ অর্থাৎ 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, 32 গ্রাম সালফার ও 64 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

● **যৌগিক অণুর আণবিক সংকেত লেখার আরো কয়েকটি উদাহরণ ঃ**

(i) **জল (H_2O) ঃ** জলের অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। হাইড্রোজেন ধাতুধর্মী হওয়ায় ইহার প্রতীক চিহ্ন প্রথমে লিখতে হয়। কাজেই জলের অণুর আণবিক সংকেত HO ; কিন্তু ইহা অসম্পূর্ণ। কেননা, অক্সিজেনের যোজ্যতা (2) হওয়ায় ইহাকে হাইড্রোজেনের প্রতীকচিহ্নের ডানপাশে একটু নীচে লিখতে হয় অর্থাৎ H_2। আবার হাইড্রোজেনের যোজ্যতা (1) হওয়ায় ইহাকে অক্সিজেনের প্রতীক চিহ্নের ডানপাশে একটু নীচে লিখতে হয় অর্থাৎ O_1। কাজেই, জলের অণুর আণবিক সংকেত H_2O_1 বা H_2O। দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতা$=2$ ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর যোজ্যতা$=2$ হওয়ায় জলের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মোট যোজ্যতা সমান।

(ii) **কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) ঃ** প্রকৃতিতে কার্বন মৌলকে কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। তাই সংযোগী মৌলদ্বয় (কার্বন ও অক্সিজেন) উভয়ে অধাতু হওয়া সত্ত্বেও কার্বনের প্রতীক চিহ্নকে প্রথমে লিখতে হয়। কার্বনের যোজ্যতা (4) ও অক্সিজেনের যোজ্যতা (2) হওয়ায় অক্সিজেনের প্রতীক চিহ্নের ডান পাশে একটু নীচে 4 অর্থাৎ O_4 এবং কার্বনের প্রতীক চিহ্নের ডান পাশে একটু নীচে 2 অর্থাৎ C_2 লিখতে হয়। কার্বন পরমাণুদ্বয়ের মোট যোজ্যতা$=2\times4=8$ ও চারটি অক্সিজেন পরমাণুর মোট যোজ্যতা$=4\times2=8$। কাজেই উভয়ের যোজ্যতা সমান। কাজেই কার্বন ডাইঅক্সাইডের আণবিক সংকেত$=C_2O_4$ বা CO_2।

(iii) **ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4$) ঃ** ম্যাগনেসিয়াম ধাতুধর্মী ও সালফেটমূলক (SO_4) অধাতুধর্মী হওয়ায় ম্যাগনেসিয়ামের প্রতীক চিহ্ন সালফেট মূলকের আগে লিখতে হয়। ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা (2) ও সালফেট মূলকের যোজ্যতা (2) হওয়ায় ম্যাগনেসিয়ামের গায়ে লিখতে হয় সালফেট মূলকের যোজ্যতা সংখ্যা ও সালফেট মূলকের গায়ে লিখতে হয় ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা সংখ্যা অর্থাৎ $Mg_2(SO_4)_2$ লিখতে হয়। দু'টি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর মোট যোজ্যতা$=2\times2$

= 4 ও দু'টি সালফেট মূলকের মোট যোজ্যতা = $2 \times 2 = 4$। কাজেই, ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের আণবিক সংকেত $Mg_2(SO_4)_2$ বা $MgSO_4$।

(iii) **জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO)** : জিঙ্ক ধাতুধর্মী ও অক্সিজেন অধাতুধর্মী হওয়ায় Zn-এর প্রতীকচিহ্ন O-এর আগে লিখতে হয়। আবার জিঙ্কের যোজ্যতা (2) ও অক্সিজেনের যোজ্যতা (2) হওয়ায় Zn-এর গায়ে O-এর যোজ্যতা সংখ্যা ও O-এর গায়ে Zn-এর যোজ্যতা সংখ্যা লিখতে হয় অর্থাৎ Zn_2O_2 লিখতে হয়। দুটি Zn পরমাণুর যোজ্যতা = $2 \times 2 = 4$ ও দু'টি অক্সিজেন পরমাণুর যোজ্যতা = $2 \times 2 = 4$। কাজেই, জিঙ্ক অক্সাইডের আণবিক সংকেত Zn_2O_2 বা ZnO।

(iv) **অ্যামোনিয়াম কার্বনেট [$(NH_4)_2CO_3$]** : অ্যামোনিয়াম মূলক ধাতুধর্মী ও কার্বনেট মূলক অধাতুধর্মী হওয়ায় অ্যামোনিয়াম মূলকের প্রতীক চিহ্ন কার্বনেট মূলকের আগে লিখতে হয়। NH_4-এর যোজ্যতা (1) ও CO_3-এর যোজ্যতা (2) হওয়ায় NH_4-এর গায়ে CO_3-এর যোজ্যতার সংখ্যা ও CO_3-এর গায়ে NH_4 এর যোজ্যতার সংখ্যা লিখতে হয় অর্থাৎ $(NH_4)_2(CO_3)_1$ লিখতে হয়। দু'টি NH_4 মূলকের যোজ্যতা = $2 \times 1 = 2$ ও একটি CO_3 মূলকের যোজ্যতা = 2। কাজেই, অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের আণবিক সংকেত $(NH_4)_2(CO_3)_1$ বা $(NH_4)_2CO_3$।

● নীচে আরো কয়েকটি যৌগ-অণুর আণবিক সংকেত দেখানো হল :

উপরে যোজ্যতা নীচে প্রতীক	বিপরীত কোণে যোজ্যতা লেখা	অণুর সংকেত	যোজ্যতার সমতা	যৌগের নাম
$\overset{1}{H} + \overset{1}{Cl}$	$\overset{1}{H} \times \overset{1}{Cl}$	HCl	$1 = 1$	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
$\overset{1}{H} + \overset{2}{SO_4}$	$\overset{1}{H} \times \overset{2}{SO_4}$	H_2SO_4	$2 = 2$	সালফিউরিক অ্যাসিড
$\overset{1}{H} + \overset{1}{NO_3}$	$\overset{1}{H} \times \overset{1}{NO_3}$	HNO_3	$1 = 1$	নাইট্রিক অ্যাসিড
$\overset{3}{Al} + \overset{3}{N}$	$\overset{3}{Al} \times \overset{3}{N}$	Al_3N_3 বা AlN	$3 = 3$	অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড
$\overset{2}{Mg} + \overset{2}{O}$	$\overset{2}{Mg} \times \overset{2}{O}$	Mg_2O_2 বা MgO	$2 = 2$	ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড
$\overset{2}{Mg} + \overset{2}{CO_3}$	$\overset{2}{Mg} \times \overset{2}{CO_3}$	$Mg_2(CO_3)_2$ বা $MgCO_3$	$2 = 2$	ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট

উপরে যোজ্যতা নীচে প্রতীক	বিপরীত কোণে যোজ্যতা লেখা	অণুর সংকেত	যোজ্যতার সমতা	যৌগের নাম
$\overset{3}{Al} + \overset{2}{O}$	3 2 Al ↙ ↘ O	Al_2O_3	$6=6$	অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড
$\overset{1}{Na} + \overset{1}{OH}$	1 1 Na ↙ ↘ OH	$NaOH$	$1=1$	সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড
$\overset{1}{Na} + \overset{1}{NO_3}$	1 1 Na ↙ ↘ NO_3	$NaNO_3$	$1=1$	সোডিয়াম নাইট্রেট
$\overset{2}{Ca} + \overset{2}{O}$	2 2 Ca ↙ ↘ O	CaO	$2=2$	ক্যালসিয়াম অক্সাইড
$\overset{2}{Ca} + \overset{3}{PO_4}$	2 3 Ca ↙ ↘ PO_4	$Ca_3(PO_4)_2$	$6=6$	ক্যালসিয়াম ফসফেট
$\overset{1}{Na} + \overset{2}{SO_4}$	1 2 Na ↙ ↘ SO_4	Na_2SO_4	$2=2$	সোডিয়াম সালফেট

● আরো কয়েকটি যৌগের সংকেত :

যৌগের নাম	যৌগে পরমাণুগুলির যোজ্যতা		যৌগের সংকেত
কিউপ্রিক নাইট্রেট	$Cu-2$	NO_3-1	$Cu(NO_3)_2$
কিউপ্রাস সালফেট	$Cu-1$	SO_4-2	Cu_2SO_4
সোডিয়াম ক্লোরাইড	$Na-1$	$Cl-1$	$NaCl$
ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড	$Ca-2$	$N-3$	Ca_3N_2
ক্যালসিয়াম ফসফেট	$Ca-2$	PO_4-3	$Ca_3\ PO_4)_2$
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড	$Al-3$	$O-2$	Al_2O_3
ফসফরাস পেন্টোক্সাইড	$P-5$	$O-2$	P_2O_5
পটাসিয়াম কার্বনেট	$K-1$	CO_3-2	K_2CO_3
ফেরিক সালফাইড	$Fe-3$	$S-2$	Fe_2S_3
অ্যামোনিয়াম সালফেট	NH_4-1	SO_4-2	$(NH_4)_2SO_4$

3·6. কয়েকটি সাধারণ মৌলের চিহ্ন বা প্রতীক (Symbol of certain common elements) ঃ

● অধাতু (Non-metals)

নাম	প্রতীক	নাম	প্রতীক
হাইড্রোজেন (Hydrogen)	H	ফ্লুরিন (Fluorine)	F
অক্সিজেন (Oxygen)	O	ক্লোরিন (Chlorine)	Cl
নাইট্রোজেন (Nitrogen)	N	ব্রোমিন (Bromine)	Br
সালফার (Sulphur)	S	আয়োডিন (Iodine)	I
কার্বন (Carbon)	C	বোরন (Boron)	B
ফসফরাস (Phosphorus)	P	সিলিকন (Silicon)	Si

● ধাতু (Metals)

নাম	প্রতীক	নাম	প্রতীক
সোডিয়াম (Sodium)[Natrium]	Na	মারকারী (Mercury) [Hydrargyrum]	Hg
পটাসিয়াম (Potassium)[Kalium]	K	অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	Al
ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca	টিন (Tin) [Stannum]	Sn
ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)	Mg	লেড (Lead) [Plumbum]	Pb
বেরিয়াম (Barium)	Ba	বিসমাথ (Bismuth)	Bi
জিংক (Zinc)	Zn	কপার (Copper) [Cuprum]	Cu
আয়রন (Iron) [Ferrum]	Fe	সিলভার (Silver) [Argentum]	Ag
কোবাল্ট (Cobalt)	Co	গোল্ড (Gold) [Aurum]	Au
নিকেল (Nickel)	Ni	ম্যাঙ্গানিজ (Manganese)	Mn
ইউরেনিয়াম (Uranium)	U	প্লাটিনাম (Platinum)	Pt

● ধাতুকল্প (Metalloid)

নাম	প্রতীক	নাম	প্রতীক
আর্সেনিক (Arsenic)	As	অ্যান্টিমনি (Antimony)[Stibium]	Sb

● নিষ্ক্রিয় গ্যাস (Inert gases)

নাম	প্রতীক	নাম	প্রতীক
হিলিয়াম (Helium)	He	ক্রিপটন (Krypton)	Kr
আরগন (Argon)	A	জেনন (Xenon)	Xe
নিয়ন (Neon)	Ne	র‍্যাডন (Radon)	Rn

3·7. কয়েকটি সাধারণ যৌগের সংকেত বা ফর্মুলা (Formula of certain common compounds)

যৌগিক পদার্থ	সংকেত	যৌগিক পদার্থ	সংকেত
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	সোডিয়াম সালফেট	Na_2SO_4
নাইট্রিক অ্যাসিড	HNO_3	কার্বন ডাইঅক্সাইড	CO_2
সালফিউরিক অ্যাসিড	H_2SO_4	সালফার ডাইঅক্সাইড	SO_2
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (কস্টিক সোডা)	$NaOH$	অ্যামোনিয়া	NH_3
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (কস্টিক পটাস)	KOH	অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড	NH_4OH
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড	$Ca'OH)_2$	ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড	MnO_2
সোডিয়াম ক্লোরাইড	$NaCl$	পটাসিয়াম ক্লোরেট	$KClO_3$
সোডিয়াম কার্বনেট	Na_2CO_3	পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট	$KMnO_4$
		পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট	$K_2Cr_2O_7$

3·8. রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction) ঃ

যে পদ্ধতিতে কোন যৌগ অণু ভেঙ্গে বা ভিন্ন ধর্মী যৌগের একাধিক অণুর পারস্পরিক বিক্রিয়ার দরুন রাসায়নিক পরিবর্তন সাধিত হয় এবং এক বা একাধিক ভিন্ন ধর্মী যৌগের অণু গঠিত হয় তাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে। যেমন,

C কার্বন	+	O_2 অক্সিজেন	$\rightarrow$ (দহন)	$CO_2\uparrow$ কার্বন ডাইঅক্সাইড
S সালফার	+	O_2 অক্সিজেন	$\rightarrow$ (দহন)	$SO_2\uparrow$ সালফার ডাইঅক্সাইড
H_2 হাইড্রোজেন	+	O_2 অক্সিজেন	$\rightarrow$ (বিস্ফোরণ)	$H_2O\uparrow$ জলীয় বাষ্প
CaO ক্যালসিয়াম অক্সাইড	+	CO_2 কার্বন ডাইঅক্সাইড	$\rightarrow$ (সংযোগ)	$CaCO_3$ ক্যালসিয়াম কার্বনেট
FeS ফেরাস সালফাইড	+	HCl হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	$\rightarrow$ (সংযোগ)	$FeCl_2 + H_2S\uparrow$ ফেরাস ক্লোরাইড হাইড্রোজেন সালফাইড
$NaOH$ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	+	HCl হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	$\rightarrow$	$NaCl + H_2O$ সোডিয়াম ক্লোরাইড জল
$2Na$ সোডিয়াম	+	Cl_2 ক্লোরিন	$\rightarrow$ (সংযোগ)	$2NaCl$ সোডিয়াম ক্লোরাইড

3·9. রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical equation) ঃ

যে পদ্ধতিতে প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সামগ্রিকভাবে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাকে **রাসায়নিক সমীকরণ** বলে। উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়ে নাইট্রোজেন গ্যাস পাঠালে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটিকে রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে নীচে প্রকাশ করা হ'ল ঃ

ম্যাগনেসিয়াম + নাইট্রোজেন = ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড

$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$

এক্ষেত্রে, Mg ও N_2 বিক্রিয়ক এবং Mg_3N_2 বিক্রিয়াজাত পদার্থ।

● **রাসায়নিক সমীকরণ লেখার নিয়ম ঃ**

(i) সমীকরণ লেখার জন্য বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির নাম, প্রতীক ও সংকেত ঠিকভাবে জানা একান্ত প্রয়োজন।

(ii) সমীকরণে সর্বদা অণুর সংকেত লেখা হয়, পরমাণুর প্রতীক লেখা হয় না।

(iii) যেগুলি কঠিন মৌল এবং যা এক পারমাণবিক সেগুলির ক্ষেত্রে কেবলমাত্র পরমাণুর চিহ্ন লেখা হয়।

সমীকরণ লেখার জন্য—

(i) সমান চিহ্নের (=) বাম দিকে বিক্রিয়ক পদার্থের সংকেত এবং ডান দিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থের সংকেত লিখতে হয়।

(ii) একাধিক বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ থাকলে, সংকেতগুলিকে পরপর লিখে প্রত্যেকের মধ্যে (+) চিহ্ন দিতে হয়। এইভাবে লেখার পর সমীকরণের সামঞ্জস্য বা সমতা বিধান (balancing of equation) ক'রতে হয়। এইজন্য মনে রাখতে হয় যে, সমীকরণের সমান চিহ্নের বামদিকে যতগুলি মৌল আছে ইহার ডান দিকেও ঠিক ততগুলি মৌল থাকে এবং উভয় দিকে প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণু সংখ্যা সমান হয়। এইরূপ করার জন্য প্রয়োজনমত সংকেতগুলিকে 2, 3, 4 ইত্যাদি দিয়ে গুণ ক'রে নিতে হয়। এইভাবে প্রয়োজনমত অণুর সংখ্যার পরিবর্তন ঘটিয়ে সমান চিহ্নের উভয় দিকে প্রত্যেক মৌলের পরমাণুর সংখ্যা সমান করার পদ্ধতিকে সমীকরণের **সামঞ্জস্য** বা **সমতা বিধান** বলে।

উপরের নিয়মগুলিকে অনুসরণ ক'রে নীচে কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা বিধান করা হ'ল ঃ

● হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে

(i) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির নাম যথাস্থানে লেখা হ'ল ঃ

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → জল

(ii) পদার্থগুলিকে অণুর সংকেতের সাহায্যে লেখা হ'ল ঃ

$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

(iii) উভয় দিকে পরমাণুর সংখ্যা সমান ক'রে সমতা বিধান করা হ'ল ঃ

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ ।

● জিংক ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে জিংক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উপরের নিয়মগুলি অনুসরণ ক'রে পাওয়া যায়,

(i) জিংক + সালফিউরিক অ্যাসিড → জিংক সালফেট + হাইড্রোজেন

(ii) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

সমীকরণের সমান চিহ্নের উভয় দিকে পরমাণুর সংখ্যা সমান থাকায় সামঞ্জস্য বিধানের প্রয়োজন হয় না।

● ম্যাগনেসিয়ামকে বায়ুতে পোড়ালে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $Mg + O_2 \rightarrow MgO$; একটি অক্সিজেন অণুতে দুটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে।

পরমাণুর সংখ্যা সমতার জন্য সমীকরণ হয়, $2Mg + O_2 = 2MgO$

বিক্রিয়ার আগে পরমাণুর সংখ্যা : $Mg = 2$; $O = 2$; মোট 4

বিক্রিয়ার পরে পরমাণুর সংখ্যা : $Mg = 2$; $O = 2$; মোট 4।

● এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী করার জন্য অন্তত এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু ক্লোরিন প্রয়োজন। কাজেই, $H_2 + Cl_2 \rightarrow HCl$। কিন্তু প্রত্যেক হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণুতে থাকে 2টি ক'রে পরমাণু। কাজেই পরমাণুর সংখ্যার সমতার জন্য সমীকরণ হয় : $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

বিক্রিয়ার আগে পরমাণুর সংখ্যা : $H = 2$, $Cl = 2$; মোট 4

বিক্রিয়ার পরে পরমাণুর সংখ্যা : $H = 2$, $Cl = 2$; মোট 4।

নীচে আরও কয়েকটি সমীকরণ দেওয়া হ'ল। উপরের নিয়মগুলির সাহায্যেই ইহাদের সামঞ্জস্য করা হ'য়েছে।

(i) জিংক + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড → জিংক ক্লোরাইড + হাইড্রোজেন
$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

(ii) অ্যালুমিনিয়াম + অক্সিজেন → অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড।
$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$

(iii) আয়রন + অক্সিজেন → ফেরিক অক্সাইড
$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$

(iv) ফেরিক ক্লোরাইড + অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড → ফেরিক হাইড্রক্সাইড + অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

(v) সোডিয়াম + জল → সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোজেন

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

(vi) অ্যামোনিয়া + অক্সিজেন → জল + নাইট্রোজেন

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$$

(vii) ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড → ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড + জল + ক্লোরিন

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(viii) ক্যালসিয়াম কার্বনেট+হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড→ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড +জল+কার্বন ডাইঅক্সাইড

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$

(ix) জিঙ্ক+সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড→সোডিয়াম জিংকেট+হাইড্রোজেন

$$Zn+2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2+H_2$$

● **বীজগণিতের সাহায্যে ব্যালান্স বা সমতা বিধান করার পদ্ধতি :**

রাসায়নিক সমীকরণের সমান চিহ্নের দুদিকে পরমাণুর সংখ্যা সমান হবেই—এই তত্ত্বের উপর ভিত্তি ক'রে এই পদ্ধতিতে সমীকরণে সমতা বিধান করা হয়। যেমন,

$$Na+H_2O \rightarrow NaOH+H_2$$

এই সমীকরণকে ব্যালান্স ক'রতে হবে। মনে করা যাক, ব্যালান্স করা সমীকরণটি—

$$aNa+bH_2O=cNaOH+dH_2$$

a, b, c, d ইত্যাদি বিভিন্ন পদার্থের অণুর সংখ্যা, ইহারা সবাই পূর্ণ সংখ্যা। এখন বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির বিভিন্ন পরমাণুগুলির সংখ্যা বিচার ক'রলে Na পরমাণুর জন্য $a=c$; হাইড্রোজেন পরমাণুর জন্য $2b=c+2d$; অক্সিজেন পরমাণুর জন্য $b=c$

$a=2$ ধ'রলে $c=2,\ b=2,\ d=1$

মানগুলি বসালে

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

● **রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য (Significance of chemical equation) :**

রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির (i) নাম ; (ii) অণুর সংখ্যা (বা পরমাণুর সংখ্যা) ; (iii) প্রত্যেকের ওজন এবং (iv) গ্যাসীয় অবস্থায় আপেক্ষিক আয়তন জানা যায়। যেমন—

$$\underset{(1\times2=2)}{H_2} + \underset{(35{\cdot}5\times2=71)}{Cl_2} = \underset{2\times(1+35{\cdot}5)=73}{2HCl}$$

এই সমীকরণ থেকে জানা যায়,

(i) হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(ii) একটি হাইড্রোজেন অণু একটি ক্লোরিন অণুর সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে দুই অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(iii) 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 71 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে 73 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(iv) বিক্রিয়ক পদার্থের মোট ওজন (2+71=73 ভাগ) উৎপন্ন পদার্থের মোট ওজনের সমান (73 ভাগ) হয়।

(v(বিক্রিয়ার আগে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণুর সংখ্যা (2+2=4), বিক্রিয়ার পরে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণুর সংখ্যা [2(1+1)=4] সমান হয়।

(iv) এক আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

● **রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা (Limitation of a chemical equation):**

সমীকরণ থেকে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি জানা যায় না—

(i) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা ও গাঢ়ত্ব জানা যায় না।

(ii) বিক্রিয়ার জন্য চাপ, তাপ, আলোক, তড়িৎশক্তি, অনুঘটক ইত্যাদির প্রয়োজন আছে কিনা জানা যায় না।

(iii) বিক্রিয়াটি কত সময়ে সম্পন্ন হয় এবং বিক্রিয়ার গতি কি তা জানা যায় না।

(iv) বিক্রিয়ার সময় তাপ উৎপন্ন হয়, না শোষিত হয় তা বোঝা যায় না।

(v) বিক্রিয়াটি একমুখী না উভমুখী তা জানা যায় না।

উদাহরণ 3·1. পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান: পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক সংকেত $KClO_3$

1 পরমাণু K-এর ওজন $= 1 \times 39 = 39$; 1 পরমাণু Cl এর ওজন $= 1 \times 35{\cdot}5 = 35{\cdot}5$; 3 পরমাণু O এর ওজন $= 3 \times 16 = 48$।

কাজেই, $KClO_3$ এর আণবিক ওজন $= 39 + 35{\cdot}5 + 48 = 122{\cdot}5$।

উদাহরণ 3·2. 122·5 gm. $KClO_3$ কে উত্তপ্ত ক'রলে কি পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায়?

[M. Exam. 1984]

সমাধান:

$$\underset{\substack{2(39+35{\cdot}5+3\times16)\\=245}}{2KClO_3} = 2KCl + \underset{\substack{3(2\times16)\\=96}}{3O_2}$$

কাজেই, 245 gm. $KClO_3$ কে উত্তপ্ত ক'রলে 96 gm. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ 122·5 gm " " 48 gm. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

উদাহরণ 3·3. 2 gm. হাইড্রোজেন প্রস্তুত ক'রতে কত গ্রাম জিংককে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রতে হয়?

সমাধান:

$$\underset{65{\cdot}3}{Zn} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + \underset{2\times1=2}{H_2}$$

সুতরাং, 2 gm হাইড্রোজেন প্রস্তুত ক'রতে 65·3 গ্রাম জিংককে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রাতে হয়।

উদাহরণ 3·4. 1 gm. $CaCO_3$ কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ক'রলে কত গ্রাম কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যায়?

সমাধান:

$$\underset{\substack{40+12+3\times16\\=100}}{CaCO_3} = CaO + \underset{12+2\times16=44}{CO_2}$$

100 gm. $CaCO_3$ কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ক'রলে 44 gm. CO_2 পাওয়া যায়।

অতএব, 1 gm. " " " " " $\frac{44}{100} = 0{\cdot}44$ gm. CO_2 পাওয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মূখী প্রশ্ন ঃ

1. প্রতীক ও ফর্মূলা ব'লতে কি বোঝায় ? রসায়ন শাস্ত্রে ইহাদের তাৎপর্য উল্লেখ কর।
2. আণবিক সংকেত ব'লতে কি বোঝায় ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর ।
3. যোজ্যতার সংজ্ঞা লেখ। মৌলের যোজ্যতা অনুযায়ী আণবিক সংকেত রচনার তিনটি উদাহরণ দাও।
4. Cl, Cl_2, Cl^- ইহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ? [Tripura 1983]
5. রাসায়নিক সমীকরণ কাকে বলে ? রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য ও সীমাবদ্ধতা সম্পর্কে আলোচনা কর।
6. নিম্নলিখিত সমীকরণ থেকে কি কি বিষয় জানা যায় বল ঃ [M. Exam. (Comp.) 1978]
   $$2H_2+O_2=2H_2O$$
7. সমীকরণের তাৎপর্য এবং সম্পূর্ণতা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর ঃ $H_2+Cl_2=2HCl$ এই সমীকরণটির তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। Cl_2 ও 2Cl ইহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ? [M. Exam. 1978]
8. নীচের সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর ঃ
   (i) $Mg+O_2 \rightarrow MgO$, (ii) $Fe+H_2O \rightarrow Fe_3O_4+H_2$,
   (iii) $Fe+O_2 \rightarrow Fe_2O_3$, (iv) $Mg+N_2 \rightarrow Mg_3N_2$,
   (v) $SO_2+O_2 \rightarrow SO_3$, (vi) $Na+H_2O \rightarrow NaOH+H_2$,
   (vii) $Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbO+NO_2+O_2$, [M. Exam, 1983] (viii) $CaCO_3+HCl \rightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2$,
   (ix) $C+O_2 \rightarrow CO_2$, (x) $H_2+O \rightarrow H_2O$
   (xi) $Cu+H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4+H_2O+SO_2$ [M. Exam. (Tripura) 1985]
   (xii) $Fe+H_2O \rightarrow Fe_3O_4+H_2$ [M. Exam. (Tripura) 1985]
9. শূন্যস্থান পূরণ কর ঃ
   (i) $Ca(OH)_2+2HCl=CaCl_2+\cdots$, (ii) $NO+\cdots\cdots=NO_2$,
   (iii) $HCl+NaOH=\cdots\cdots$, (iv) $Zn+2HCl=\cdots\cdots$,
   (v) $Fe+\cdots\cdots=FeCl_3$, (vi) $Zn+H_2SO_4=\cdots\cdots$,
   (vii) $KNO_3=KNO_2+\cdots\cdots$, (viii) $Cu+H_2SO_4=\cdots\cdots$,
10. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি ব্যালেন্স কর ঃ
    (i) $H_2SO_4+Cu=CuSO_4+SO_2+H_2O$ [M. Exam. (Comp) 1980]
    (ii) $NH_3+O_2=N_2+H_2O$ [M. Exam. 1976, '78, '79]
    (iii) $MnO_2+HCl=HCl=MnCl_2+Cl_2+H_2O$ [M. Exam. 1978, '79]
    (iv) $ZnO+HCl=ZnCl_2+H_2O$ [M. Exam. (Comp.) 1980]
    (v) $N_2+H_2=NH_3$; $P+O_2=P_2O_5$; [M. Exam. (Tripura) 1985]
    (vi) $NH_4Cl+CaO=NH_3+CaCl_2+H_2O$ [M. Exam. 1984]
    (vii) $Mg+HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2+H_2$ [M. Exam. 1978]

11. ফর্মুলা লেখ :

খাদ্য লবণ, তুঁতে, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম সালফেট, পটাসিয়াম কার্বনেট, অ্যালুমিনিয়াম ফসফেট ও পটাসিয়াম সায়ানাইড।

12. নিম্নলিখিত অসম্পূর্ণ বা ত্রুটিপূর্ণ সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর অথবা সংশোধন কর :

(i) $Al+3Cl=AlCl_2$, (ii) $MnO_2+HCl=MnCl_2+--+H_2O$

[M. Exam. (Comp.) 1976]

13. (a) নিম্নলিখিত শূন্যস্থানগুলি পূরণ ক'রে সমীকরণগুলি ব্যালেন্স কর।

(i) $C+HNO_3 \rightarrow \ldots+NO_2+H_2O$

(ii) $Zn+NaOH \rightarrow \ldots+H_2$

(b) H_2O এই সংকেতটি থেকে আমরা কি তথ্য জানতে পারি? [M. Exam. 1983]

14. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর :

(i) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ক'রে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(ii) নাইট্রোজেন গ্যাস হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া ক'রে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

[M. Exam. 1982]

(iii) দস্তা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(iv) অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হ'য়ে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

(v) সোডিয়াম জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) দস্তার প্রতীক চিহ্ন কি? (ii) লোহার প্রতীক চিহ্ন কি? (iii) যোজ্যতা কাকে বলে? (iv) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা কত? (v) পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক সংকেত কি? (vi) যৌগমূলক কাকে বলে? (vii) পরিবর্তনশীল যোজ্যতা সম্পন্ন একটি মৌলের নাম বল।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

তড়িৎ-বিশ্লেষণ
(Electrolysis)

4·1. তড়িৎ পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ (Conductors and non-conductors) ঃ

সব পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সমান নয়। যেমন, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা ইত্যাদি ধাতু ও গলিত ক্ষার দিয়ে তড়িৎ অনায়াসে চলাচল ক'রতে পারে; কিন্তু কাঠ, কাচ, চিনি, রাবার, ইত্যাদি দিয়ে তড়িৎ চলাচল ক'রতে পারে না। তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতানুযায়ী পদার্থকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়ঃ (i) **তড়িৎ-পরিবাহী** (*conductor*) ও (ii) **তড়িৎ অপরিবাহী** (*non-conductor*)।

● **সংজ্ঞা ঃ** যে পদার্থগুলি তড়িৎ-পরিবহন ক'রতে পারে তাদের **তড়িৎপরিবাহী** বলে এবং যে পদার্থগুলি তড়িৎ পরিবহন ক'রতে পারে না তাদের **তড়িৎ-অপরিবাহী** বলে।

4·2. তড়িৎ বিশ্লেষ্য (Electrolyte) ঃ

তড়িৎ পরিবাহী পদার্থকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা হয় ঃ

(i) কতকগুলি তড়িৎ পরিবাহী পদার্থে তড়িৎ প্রবাহের দরুন কেবল মাত্র তাপের পরিবর্তন হয়, কিন্তু কোন প্রকার রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। যেমন, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, গ্রাফাইট, সোনা, রূপা ইত্যাদি।

(ii) কতকগুলি তড়িৎ পরিবাহী পদার্থে তড়িৎ প্রবাহের দরুন তাপের পরিবর্তন ছাড়াও রাসায়নিক পরিবর্তন হয় এবং পদার্থগুলি ভেঙে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। যেমন, অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ জাতীয় পদার্থগুলি গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে। তড়িৎ পরিবহনের দরুন ইহাদের তাপের পরিবর্তন ছাড়াও রাসায়নিক পরিবর্তন হয় এবং পদার্থগুলি ভেঙে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। এইরূপ পদার্থগুলিকে ইলেকট্রোলাইট (electrolyte) বা **তড়িৎ বিশ্লেষ্য** বলে। ইহারা কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন ক'রতে পারে না।

● **সংজ্ঞা ঃ** যে যৌগিক পদার্থগুলি গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন ক'রতে পারে এবং তড়িৎ পরিবহনের দরুন যাদের তাপের পরিবর্তন ছাড়াও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ও নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাদের **তড়িৎ বিশ্লেষ্য** বলে।

কোন পরিবাহী দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত হ'লে দ্রবণের অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হয়। ইহাকে **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (electrolysis) বলে।

- পদার্থ
  - তড়িৎ অপরিবাহী (কাঠ, রাবার, কেরোসিন, সালফার, চিনির দ্রবণ ইত্যাদি)
  - তড়িৎপরিবাহী
    - ধাতব পরিবাহী (আয়রন, কপার, সিলভার, ইত্যাদি ধাতু ও গ্যাস কার্বন, গ্রাফাইট ইত্যাদি অধাতু)
    - তড়িৎ বিশ্লেষ্য (গলিত লবণ, ক্ষার, এবং অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের জলীয় দ্রবণ)

সাধারণ উষ্ণতায় পারদ তরল এবং তড়িৎ পরিবহনে সক্ষম। কিন্তু তড়িৎ প্রবাহের ফলে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন না হওয়ায় পারদ তড়িৎ বিশ্লেষ্য নয়। অনেক পদার্থ তরল বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে না বা তড়িৎ পরিবহন ক'রলেও কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। যেমন, পেট্রোল, চিনি, স্টার্চ, ইউরিয়া, বেনজিন ইত্যাদি। এই পদার্থগুলিকে নন্-ইলেকট্রোলাইট (non-electrolyte) বা তড়িৎ অবিশ্লেষ্য বলে।

● **আয়ন (Ion) ঃ** ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু বা মূলককে **আয়ন** বলে। ধনাত্মক আধান যুক্ত আয়নকে **ক্যাটায়ন** (*cation*) এবং ঋণাত্মক আধান যুক্ত আয়নকে **অ্যানায়ন** (*anion*) বলে। সাধারণত মৌলিক পদার্থের পরমাণু বা কোন মূলক ইলেকট্রন (e) বর্জন ক'রে ক্যাটায়নে ও ইলেকট্রন (e) গ্রহণ ক'রে অ্যানায়নে পরিণত হয়। যেমন, $Cu-2e=Cu^{++}$; $SO_4+2e=SO_4^{--}$। কোন আয়নের আধান সাধারণত ঐ মৌলের যোজ্যতার সমান হয়। **আয়নের ধর্ম পরমাণুর ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ আলাদা।** যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে Na^+ আয়ন থাকে, কিন্তু জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম ধাতুর পরমাণুর দ্রুত রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ও NaOH উৎপন্ন হয়।

4·3. তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব (Theory of electrolytic dissociation) ঃ

1887 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস (Arrhenius) তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব প্রতিষ্ঠা করেন। এই তত্ত্ব অনুযায়ী প্রত্যেক তড়িৎ বিশ্লেষ্য গলিত অবস্থায় বা দ্রবীভূত অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে ক্যাটায়নে ও অ্যানায়নে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এইরূপ বিয়োজিত হ'য়ে ক্যাটায়নে ও অ্যানায়নে পরিণত হওয়াকে **তড়িৎ বিয়োজন বা আয়নয়ন** (*electrolytic dissociation* or *ionisation*) বলে। তড়িৎ বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলি আবার অতি সহজে মিলিত হ'য়ে আগের অবস্থায় ফিরে যায়। কাজেই, তড়িৎ বিয়োজন প্রক্রিয়াটি **উভমুখী।** তড়িৎ বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলি এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অপরিবর্তিত অণুগুলির মধ্যে সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিয়োজন নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় ঃ

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

দ্রবীভূত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি অণু থেকে একটি ধনাত্মক আধানযুক্ত সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও একটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ বিয়োজন নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় ঃ

$$H_2SO \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে একটি অ্যাসিড অণু থেকে দু'টি ধনাত্মক আধান যুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং একটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত সালফেট আয়ন (SO_4^{--}) পাওয়া যায়।

তড়িৎ বিয়োজনে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা সমান হ'তেও পারে বা নাও হ'তে পারে। কিন্তু ইহাদের পরস্পরের আধান সংখ্যা অবশ্যই সমান হয়। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক অধান সমপরিমাণে থাকায় গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য তড়িৎ নিরপেক্ষ (*electrically neutral*) থাকে।

নীচে কয়েকটি তড়িৎবিশ্লেষ্যের নাম, ইহাদের সংকেত ও তড়িৎ বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলি দেওয়া হ'ল :

তড়িৎ বিশ্লেষণের নাম	সংকেত		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন
জল	H_2O	$\rightleftarrows$	H^+	+	OH^-
কপার সালফেট	$CuSO_4$	$\rightleftarrows$	Cu^{++}	+	SO_4^{--}
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	$NaOH$	$\rightleftarrows$	Na^+	+	OH^-
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড	$Ca(OH)_2$	$\rightleftarrows$	Ca^{++}	+	$2OH^-$
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড	KOH	$\rightleftarrows$	K^+	+	OH^-
নাইট্রিক অ্যাসিড	HNO_3	$\rightleftarrows$	H^+	+	NO_3^-
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	$\rightleftarrows$	H^+	+	Cl^-
অ্যালুমিনিয়াম সালফেট	$Al\,(SO_4)_3$	$\rightleftarrows$	$2Al^{+++}$	+	$3(SO_4)^{--}$
ফেরিক ক্লোরাইড	$FeCl_3$	$\rightleftarrows$	Fe^{+++}	+	$3Cl^-$

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অণুগুলির বিয়োজনের পরিমাণ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে—

(i) দ্রবণের গাঢ়তা, (ii) দ্রবণের উষ্ণতা ও চাপ, (iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের প্রকৃতি, (iv) দ্রাবকের প্রকৃতি এবং (v) দ্রবণে অন্যান্য আয়নের উপস্থিতি। দ্রবণ যত লঘু হয় সাধারণভাবে তড়িৎ বিয়োজনের মাত্রাও তত বেশি হয়। আবার দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে তড়িৎ বিয়োজনের মাত্রাও বৃদ্ধি পায়। তড়িৎ বিয়োজন মাত্রাকে ভিত্তি ক'রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলিকে দু'ভাগে ভাগ করা হয় :—

(i) **তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য (strong electrolyte)** এবং (ii) **মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য (weak electrolyte)**।

(i) **তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য :**

● **সংজ্ঞা :** যে পদার্থগুলির লঘু দ্রবণে বেশি সংখ্যক আয়ন উৎপন্ন হয় তাদের **তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য** বলে। দ্রবণে ইহারা প্রায় সম্পূর্ণ ভাবে বিয়োজিত হয়। যেমন, খনিজ অ্যাসিড—HCl, H_2SO_4, HNO_3 ; তীব্র ক্ষার—KOH, $NaOH$ এবং লবণ—$NaCl$, K_2SO_4, $CuSO_4$ ইত্যাদি।

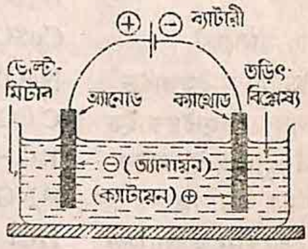
(ii) **মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য :**

● **সংজ্ঞা :** যে পদার্থগুলির লঘু দ্রবণে অল্প সংখ্যক আয়ন উৎপন্ন হয় তাদের **মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য** বলে। যেমন জল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ইত্যাদি।

4·4. তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolysis) ঃ

● **সংজ্ঞা ঃ** যে পদ্ধতিতে গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ পাঠিয়ে ইহার রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটানো হয় তাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে।

যে পাত্রে গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্য নিয়ে তড়িৎ প্রবাহ পাঠানো হয় তাকে **তড়িৎ বিশ্লেষণ কোষ** (*electrolytic cell*) বা ভোল্টামিটার (voltameter) বলে (চিত্র 133 । দুটি সুপরিবাহী পদার্থের দণ্ড বা পাত তড়িৎ বিশ্লেষ্যর মধ্যে আংশিকভাবে ডোবানো থাকে। একটি পাতের সঙ্গে তড়িৎ উৎসের বা ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরু এবং অপর পাতের সঙ্গে ঋণাত্মক মেরু যুক্ত করা হয়। এই পাতদ্বয়কে **তড়িৎ দ্বার** (*electrode*) বলে। যে পাত তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত তাকে **অ্যানোড** (*anode*) এবং যে পাত ঋণাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত তাকে **ক্যাথোড** (*cathode*) বলে। তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক মেরু থেকে তড়িৎ প্রবাহ অ্যানোড দিয়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্যে যায় এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে ক্যাথোড হ'য়ে তড়িৎ উৎসে ফিরে আসে। যে কোন ধাতুই তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহৃত হ'তে পারে। অবশ্য প্লাটিনাম, তামা, নিকেল, লোহা এবং অধাতুর মধ্যে গ্যাস কার্বন, গ্র্যাফাইট ইত্যাদির ব্যবহার বেশি দেখা যায়।



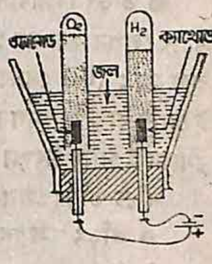
চিত্র 133

● **তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা ঃ** তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব অনুযায়ী গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নে বিয়োজিত হয় ; তড়িৎ বিশ্লেষ্য তড়িৎ প্রবাহ চালালে আয়নগুলি তড়িৎ পরিবহন করে এবং তড়িতীয় আকর্ষণের জন্য অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের দিকে ও ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডের দিকে অগ্রসর হয়। তড়িৎ প্রবাহের জন্য ইলেকট্রনের অ্যানোডে ঘাটতি ও ক্যাথোডে প্রাচুর্য দেখা যায়। ফলে অ্যানোডের সংস্পর্শে এসে অ্যানায়নগুলি অ্যানোডকে নিজেদের অতিরিক্ত ইলেকট্রন দিয়ে তড়িৎ নিরপেক্ষ পরমাণু বা মূলকে পরিণত হয়। তারপর পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত যুক্ত হ'য়ে অণু গঠন করে। অনুরূপভাবে, ক্যাথোডের সংস্পর্শে এসে ক্যাটায়নগুলি প্রয়োজন অনুযায়ী ক্যাথোড থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে ও তড়িৎ নিরপেক্ষ পরমাণু বা মূলকে পরিণত হয়। এখানেও পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত যুক্ত হ'য়ে অণু গঠন করে। কাজেই, তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বিশ্লেষিত হ'য়ে নতুন পদার্থ গঠন করে। প্রক্রিয়া দুটি ক্যাথোডে ও অ্যানোডে একই সঙ্গে ঘটে। দ্রবণের অপর কোন অংশে নতুন পদার্থ পাওয়া যায় না।

● **জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolysis of water) ঃ** আগে বলা হ'য়েছে যে, বিশুদ্ধ জল একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য। সামান্য লঘু অ্যাসিড বা ক্ষার বিশুদ্ধ জলের সহিত মেশালে ইহা সুপরিবাহী হয় এবং তড়িৎ বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

যেমন, কয়েক ফোঁটা লঘু H_2SO_4 জলের সহিত মিশিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে ইহার তড়িৎ বিশ্লেষণ ক'রলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

● **পরীক্ষা :** 134 নং চিত্রে কাচের তৈরী একটি সাধারণ ভোল্টামিটার দেখানো হ'য়েছে। এই ভোল্টামিটারের তলায় দু'টি কাচের নল শক্ত ক'রে আটকানো থাকে। এই নলদ্বয়ের মধ্যে প্লাটিনাম তার প্রবেশ করানো হয় এবং কাচ গলিয়ে ইহাদের মুখ বন্ধ করা হয়। পাত্রটির $\frac{3}{4}$ ভাগ বায়ুমুক্ত বিশুদ্ধ জল দ্বারা পূর্ণ ক'রে ইহাতে কয়েক ফোঁটা লঘু H_2SO_4 মেশানো হয়। দু'টি অংশাঙ্কিত গ্যাস জারকে জল পূর্ণ ক'রে প্লাটিনাম পাতদ্বয়ের উপর উল্টো ক'রে বসানো হয় (চিত্র 134)। প্লাটিনাম তার দু'টির বাইরের প্রান্তদ্বয়ের সঙ্গে দু'টি তামার তার যুক্ত ক'রে ইহাদের একটিকে ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরু ও অপরটিকে ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এবার তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে তড়িৎ বিশ্লেষণ শুরু হয় এবং বুদ্বুদ আকারে গ্যাস নির্গত হ'য়ে গ্যাস জার দ্বয়ে জমা হয়। পরীক্ষা ক'রলে দেখা যায় যে, ক্যাথোডের উপরিস্থিত গ্যাস জারে সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন অ্যানোডের উপরিস্থিত গ্যাস জারে সঞ্চিত গ্যাসের আয়তনের দ্বিগুণ। ক্যাথোডের গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি ধ'রলে ইহা নিভে যায় এবং গ্যাস নীল শিখায় জ্বলে। সুতরাং এই গ্যাস হাইড্রোজেন।



চিত্র 134

অ্যানোডের গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি ধ'রলে ইহা আরও উজ্জ্বল ভাবে জ্বলে, কিন্তু গ্যাস নিজে জ্বলে না। সুতরাং এই গ্যাস অক্সিজেন। কাজেই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, দু'ভাগ আয়তন হাইড্রোজেন ও এক ভাগ আয়তন অক্সিজেন রাসায়নিক সংযোগে জল উৎপন্ন করে।

● **ব্যাখ্যা :** অ্যাসিড মিশ্রিত জল বিয়োজিত হ'য়ে ধনাত্মক হাইড্রোজেন আয়নে (H^+) ও ঋণাত্মক হাইড্রক্সিল আয়নে (OH^-) পরিণত হয়।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

তড়িৎ প্রবাহের দরুন ধনাত্মক হাইড্রোজেন আয়ন ক্যাথোড দ্বারা আকর্ষিত হয় এবং ক্যাথোডের সংস্পর্শে এসে ক্যাথোড থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ ক'রে হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে হাইড্রোজেন অণু গঠন করে। এই হাইড্রোজেন অণু গ্যাসীয় অবস্থায় ক্যাথোড থেকে নির্গত হয়।

● **ক্যাথোডে বিক্রিয়া :**

(i) $H^+ + e = H$

(ii) $H + H = H_2$

একই সঙ্গে ঋণাত্মক হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) অ্যানোড দ্বারা আকর্ষিত হয় এবং অ্যানোডের সংস্পর্শে এসে অ্যানোডকে ইলেকট্রন দিয়ে OH মূলকে পরিণত হয়। এই

OH মূলকের নিজস্ব অস্তিত্ব নেই। ইহারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই গ্যাসীয় অক্সিজেন অ্যানোড থেকে নির্গত হয়।

● **অ্যানোডে বিক্রিয়া :**

$$\text{(i)}\quad OH^- - e = OH$$
$$\text{(ii)}\quad OH + OH = H_2O + O$$
$$\text{(iii)}\quad O + O = O_2$$

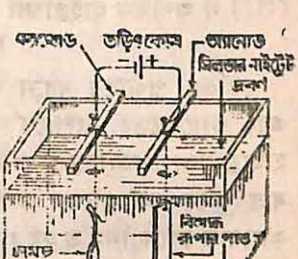
● **বিঃ দ্রঃ**—একটি কাচের বীকারে সাধারণ জল নিয়ে ডি. সি. মেইনের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত তারদ্বয়কে পরস্পরের সঙ্গে না ঠেকিয়ে ঐ জলে ডোবালে ঋণাত্মক তার বেয়ে বুদবুদ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস হাইড্রোজেন।

● **তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগ :** এই পদ্ধতিতে (i) ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ লেপন করা হয় ; (ii) সিলভার, তামা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি ধাতু পরিশোধন করা হয় ; (iii) সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি ধাতু নিষ্কাশন করা হয় এবং (iv) ক্লোরিন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, কস্টিক সোডা ইত্যাদি উৎপন্ন করা যায়।

নীচে তড়িৎ লেপন বিশদভাবে আলোচনা করা হ'য়েছে—

● **তড়িৎ লেপন (Electro plating) :** ছুরি, কাঁচি বোতাম, কাঁটা-চামচ ইত্যাদি জিনিসপত্র সাধারণত কোন নিকৃষ্ট ধাতু বা ধাতুসংকর (যেমন, লোহা, তামা, পিতল ইত্যাদি) দিয়ে তৈরি করা হয়। এই বস্তুগুলির উপর সোনা, রুপা, নিকেল ইত্যাদি উৎকৃষ্ট ধাতুর হাল্কা প্রলেপ দিলে ইহারা চকচকে ও সুন্দর দেখায় এবং ইহাদের উপর মরিচা পড়ে না। তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রলেপ দেওয়া হয় ব'লে এই পদ্ধতিকে **তড়িৎ লেপন** বলে।

● **পদ্ধতি :** ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি বস্তুগুলিকে প্রথমে কস্টিক সোডা দ্রবণে (যা তেল জাতীয় ময়লা পরিষ্কার করে) এবং পরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (যা ধাতুর অক্সাইডের স্তর অপসারিত করে) দ্রবণে ধুয়ে নিতে হয়। তারপর জল দিয়ে ভালভাবে ধুয়ে বস্তুগুলিকে ভোল্টামিটারে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। যে ধাতুর প্রলেপ দিতে হবে বিশুদ্ধ অবস্থায় তার একটি দণ্ড বা পাতকে অ্যানোডরূপে এবং ইহার একটি লবণের দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে ভোল্টামিটারে নেওয়া হয়। তড়িৎদ্বারদ্বয়কে ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত ক'রে তড়িৎ প্রবাহ চালানো হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত বিশুদ্ধ ধাতুর অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হয় এবং ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত বস্তুর উপর হাল্কা প্রলেপ সৃষ্টি করে।



চিত্র 135

কোন বস্তুর উপর রূপোর প্রলেপ দিতে হ'লে বস্তুটিকে NaOH এবং লঘু HCl ও জল দ্বারা ভাল ক'রে ধুয়ে ইহাকে ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করা হয়। বিশুদ্ধ রূপোর একটি পাতকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে নেওয়া হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের দরুন বিশুদ্ধ রূপোর অণু অ্যানোড থেকে বিশ্লিষ্ট হ'য়ে ক্যাথোডের উপর রূপোর প্রলেপ সৃষ্টি করে।

$$AgNO_3 = Ag^+ + NO_3^-, Ag^+ + e = Ag$$

নিকেলের উপর প্রলেপ দেওয়ার জন্য নিকেলের পাত ও নিকেল সালফেটের দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। সোনার প্রলেপ দেওয়ার জন্য পটাসিয়াম সায়ানাইডের সহিত গোল্ড সায়ানাইড মিশিয়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্য তৈরী করা হয়। টিন ও তামার প্রলেপ দেওয়ার জন্য যথাক্রমে টিন ক্লোরাইড ($SnCl_2$) এবং কপার সালফেটের ($CuSO_4$) দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

● **তড়িৎ লেপনের জন্য কয়েকটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য ঃ**

লেপনের জন্য ধাতু	তড়িৎ বিশ্লেষ্য
(1) নিকেল (Nickel)	নিকেল সালফেট, $NiSO_4$
(2) ক্রোমিয়াম (Chromium)	ক্রোমিক সালফেট এবং ক্রোমিক অ্যাসিড $Cr_2(SO_4)_3$
(3) কপার (Copper)	কপার সালফেট, $CuSO_4$
(4) সিলভার (Silver)	পটাসিয়াম আর্জেন্টো সায়ানাইড $K[Ag(CN)_2]$
(5) সোনা (Gold)	পটাসিয়াম অরোসায়ানাইড $K[Au(CN)_2]$
(6) জিঙ্ক (Zinc)	জিঙ্ক ক্লোরাইড, $ZnCl_2$

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন ঃ

1. তড়িৎ পরিবাহী ও তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের সংজ্ঞা লেখ। প্রত্যেকের উদাহরণ দাও।

2. সংজ্ঞা লেখ ঃ

তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য, মৃদু ও তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য, ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন। অ্যানোড ও ক্যাথোড ব'লতে কি বোঝায়?

3. আরহেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজনবাদ সম্পর্কে আলোচনা কর।

4. দু'টি তড়িৎ বিশ্লেষক ও দু'টি তড়িৎ অবিশ্লেষকের নাম লেখ। তড়িৎ লেপন কাকে বলে?
[M, Exam. 1971, '80]

5. তড়িৎ বিশ্লেষণ কাকে বলে? কোন্‌টি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ—স্বর্ণ, পারদ, খাদ্য লবণ? তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থকে কোন্ অবস্থায় থাকতে হবে?—কঠিন, তরল, গ্যাসীয়? [M. Exam. 1982]

6. লোহা, কাঠ, রাবার, লবণ, তামা এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—ইহাদের মধ্যে কোন্‌গুলি তড়িৎ পরিবাহী, তড়িৎ অপরিবাহী এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্য। [M. Exam, 1983]

7. শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর:

(i) যে সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহনে — তাদের বলা হয় — আর যে সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহনে সক্ষম তাদের — বলা হয়।

(ii) একটি পিতলের চামচে নিকেলের প্রলেপ দি'তে হ'লে — কে অ্যানোডরূপে এবং — কে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। [M. Exam. 1976]

(iii) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে — হাইড্রোজেন ও — অক্সিজেন সঞ্চিত হয়।

8. কিভাবে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়? ভোল্টামিটারের বর্ণনা দাও ও জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ বিবৃত কর।

9. আয়ন কাকে বলে? H ও H^+ এর পার্থক্য কি?

10. তড়িৎ লেপন কাকে বলে? [M. Exam. 1984] ইহার প্রয়োজনীয়তা কি? লোহার উপর নিকেলের প্রলেপ দিতে হ'লে কাকে অ্যানোড ও কাকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার ক'রতে হয়? এক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে কি ব্যবহার করা হয়?

11. (i) তড়িৎ লেপন কাকে বলে? (ii) তড়িৎ প্রলেপ কাকে বলে? একটি পিতলের চামচে নিকেলের প্রলেপ দিতে হ'লে কাকে অ্যানোড এবং কাকে ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করা যায়? [M. Exam. (Tripura) 1982]

12. তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে কোন ধাতুর পাতের উপর অন্য ধাতুর প্রলেপ কিভাবে দেওয়া হয় তা বর্ণনা কর। [M. Exam. (Tripura) 1986]

মৌখিক প্রশ্ন:

(i) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ কোন্‌গুলি? (ii) তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ কাকে বলে? (iii) একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ ও একটি তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থের নাম বল। (iv) আয়ন কাকে বলে? (v) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন কোথায় জমা হয়? (vi) বিভিন্ন বাসনপত্র ও যন্ত্রপাতির উপর ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয় কেন?

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

অম্ল, ক্ষারক, লবণ ঃ প্রশমন
[Acid, Base, Salt : Neutralisation]

5·1. সূচনা ঃ

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অজৈব যৌগগুলিকে ইহাদের রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী প্রধানত তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় ঃ—

(1) **অ্যাসিড** (Acid), (2) **ক্ষারক** (Base), ও (3) **লবণ** (Salt)

● **অ্যাসিড**

● **সংজ্ঞা ঃ** যে যৌগে ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণ রূপে প্রতিস্থাপন যোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে এবং যে যৌগ ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া ক'রে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে অ্যাসিড বলে।

আয়নীয় তত্ত্ব অনুযায়ী যে হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগকে জলে দ্রবীভূত ক'রলে দ্রবণে H^+ আয়ন ছাড়া অন্য কোন ক্যাটায়ন পাওয়া যায় না তাকে **অ্যাসিড বলে।**
নীচের বৈশিষ্ট্যগুলি প্রত্যেক অ্যাসিডে বর্তমান থাকে—

(i) অ্যাসিডের স্বাদ অম্ল,

(ii) ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং

(iii) ইহার অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকবেই। ধাতুর পরমাণু বা ধাতব মূলক অ্যাসিডের এই হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত ক'রে লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। যেমন,

$2HCl + Mg = MgCl_2$ (ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড) $+ H_2 \uparrow$

$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4$ (জিঙ্ক সালফেট) $+ H_2 \uparrow$

এই বিক্রিয়াদ্বয়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ও সালফিউরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন যথাক্রমে ম্যাগনেসিয়াম ও জিঙ্ক ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত বা অপসারিত হয়।

(iv) অ্যাসিড ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে। যেমন,

$H_2SO_4 + FeO = FeSO_4$ (ফেরাস সালফেট) $+ H_2O$ (জল)

$2HNO_3 + CuO = Cu(NO_3)_2$ (কপার নাইট্রেট) $+ H_2O$ (জল)

$2HCl + CaO = CaCl_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) $+ H_2O$ (জল)

(v) জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড বিয়োজিত হ'য়ে এক বা একাধিক H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন, $HCl = H^+ + Cl^-$

সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) একটি অ্যাসিড। কারণ (i) ইহার স্বাদ অম্ল, (ii) ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে, (iii) ইহা লঘু অবস্থায় জিঙ্কের (ধাতু) সঙ্গে বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট (লবণ) ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে—

Zn (জিঙ্ক) $+ H_2SO_4 = ZnSO_4$ (জিঙ্ক সালফেট) $+ H_2$

(vi) কস্টিক সোডা (ক্ষারক) ইহার সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট (লবণ) ও জল উৎপন্ন করে :

$2NaOH$ (কস্টিক সোডা) $+ H_2SO_4 = Na_2SO_4$ (সোডিয়াম সালফেট) $+ 2H_2O$

(v) ইহার জলীয় দ্রবণ বিয়োজিত হ'য়ে হাইড্রোজেন আয়ন দেয়—

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$$

অনুরূপভাবে দেখানো যায় যে, নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ইত্যাদি আরো কয়েকটি অ্যাসিড।

● তীব্র ও মৃদু অ্যাসিড : তড়িৎ বিয়োজনের দরুন যে অ্যাসিড বেশি মাত্রায় হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) গঠন করে তাকে তীব্র অ্যাসিড এবং যে অ্যাসিড বেশি মাত্রায় হাইড্রোজেন আয়ন গঠন ক'রতে পারে না তাকে মৃদু অ্যাসিড বলে। HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি তীব্র অ্যাসিড এবং H_2CO_3, H_2SO_3, H_3PO_4 ইত্যাদি মৃদু অ্যাসিড।

● ক্ষারক

● সংজ্ঞা : যে যৌগ (সাধারণত ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে **ক্ষারক** বলে। ক্ষারকের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। যেমন, ক্যালসিয়াম অক্সাইড—CaO, জিংক অক্সাইড—ZnO; ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড—$Mg(OH)_2$; জিংক হাইড্রক্সাইড—$Zn(OH)_2$ ইত্যাদি।

ক্ষারকের সংজ্ঞানুযায়ী,

ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল

$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$
জিংক অক্সাইড ... জিংক ক্লোরাইড

$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$
ক্যালসিয়াম অক্সাইড ... ক্যালসিয়াম সালফেট

$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, জল

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম ক্লোরাইড লবণ, জল

অ্যামোনিয়াম একটি ক্ষারক। কিন্তু ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় শুধু লবণ গঠন করে, জল উৎপন্ন করে না। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$।

● **ক্ষার** (Alkali) : যে ক্ষারক হাইড্রক্সাইডগুলি (ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি) জলে দ্রবণীয় তাদের **ক্ষার** বলে। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$),

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$], পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (KOH), অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH), ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Mg(OH)_2$] ইত্যাদি। আবার $Zn(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Pb(OH)_2$ ইত্যাদি জলে অদ্রবণীয় হওয়ায় ক্ষার নয়, কিন্তু ক্ষারক। কাজেই ক্ষারক জলে দ্রবীভূত নাও হ'তে পারে কিন্তু ক্ষার মাত্রই জলে দ্রবীভূত হয়। এই কারণে **সমস্ত ক্ষারকই ক্ষার নয়, কিন্তু সমস্ত ক্ষারই ক্ষারক**। মনে রাখবে যে, ক্ষার জলে দ্রবীভূত হ'য়ে হাইড্রক্সিল আয়ন গঠন করে। যেমন, $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2(OH)^-$; $KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^-$; $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$।

● **ক্ষারের ধর্ম :** (i) ক্ষার জলে দ্রবণীয়। (ii) ইহার জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। (iii) ইহার জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন থাকে। এই দ্রবণ সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল হয়। (iv) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে। (v) ক্ষার অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{NaOH} + HCl = \underset{\text{সোডিয়াম ক্লোরাইড}}{NaCl} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

(vi) ক্ষার ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রলে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$\underset{\text{জিঙ্ক সালফেট}}{ZnSO_4} + 2NaOH = \underset{\text{জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড}}{Zn(OH)_2} + \underset{\text{সোডিয়াম সালফেট}}{Na_2SO_4}$$

● **তীব্র ও মৃদু ক্ষার :** তড়িৎ বিয়োজনে যে ক্ষার বেশিমাত্রায় হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) গঠন করে তাকে তীব্র ক্ষার এবং যে ক্ষার অল্পমাত্রায় হাইড্রক্সিল আয়ন গঠন করে তাকে মৃদু ক্ষার বলে। $NaOH$, KOH তীব্র ক্ষার, $NH_4(OH)$, $Ca(OH)_2$ মৃদু ক্ষার এবং $Mg(OH)_2$ অতি মৃদু ক্ষার।

● লবণ

● **সংজ্ঞা :** অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণ রূপে প্রতিস্থাপিত হ'য়ে যে যৌগ গঠিত হয় তাকে লবণ বলে।

অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতু, ক্ষার বা ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

আবার, H_2SO_4-এ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকায় Na ধাতু ইহাকে আংশিকরূপে প্রতিস্থাপিত ক'রে $NaHSO_4$ (সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট) বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত ক'রে Na_2SO_4 (সোডিয়াম সালফেট) গঠন করে।

* **শমিত লবণ** (**Normal salt**): ধাতু, ক্ষারক, বা ধাতব মূলক দ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হ'য়ে যে লবণ গঠিত হয় তাকে শমিত লবণ বলে। যেমন,

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$; $2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$;
$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$;

এক্ষেত্রে জিংক সালফেট ($ZnSO_4$), সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) শমিত লবণ।

* **অ্যাসিড লবণ** (**Acid salt**): একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যাসিডের হাইড্রোজেন কোন ধাতু দ্বারা আংশিকভাবে অপসারিত হ'য়ে যে লবণ গঠিত হয় তাকে অ্যাসিড লবণ বলে। যেমন,

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$CaCl_2 + 2H_2CO_3 = Ca(HCO_3)_2 + 2HCl ;$$

এক্ষেত্রে সোডিয়াম বাইসালফেট ($NaHSO_4$), ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট [$Ca(HCO_3)_2$] অ্যাসিড লবণ। আবার সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)-ও একটি অ্যাসিড লবণ।

* **ক্ষারক লবণ** (**Basic salt**): অতিরিক্ত ক্ষারক ব্যবহারের দরুন অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় গঠিত লবণে যদি অতিরিক্ত ক্ষারক মূলক থাকে তবে সেই লবণকে ক্ষারক লবণ বলে। যেমন,

$$Pb(OH)_2 + HCl = Pb(OH)Cl + H_2O$$

লেড হাইড্রক্সাইড যা একটি ক্ষারক; লেড ক্লোরাইড যা একটি ক্ষারক লবণ

$CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ (বেসিক কপার কার্বনেট)-ও একটি ক্ষারক লবণ।

* **মিশ্র লবণ**: $NaKSO_4$

* **দ্বিলবণ** (**Double salt**): K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ (অ্যালাম, ফটকিরি)। ইহা পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের দ্বিলবণ। এক্ষেত্রে দুটি লবণ

* চিহ্নিত অংশগুলি সিলেবাস বহির্ভূত।

নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে যুক্ত হ'য়ে দ্বিলবণটি গঠন ক'রেছে। এই লবণ কঠিন অবস্থায় স্থায়ী, কিন্তু জলে দ্রবীভূত হ'লে তড়িৎ-বিয়োজিত হয়।

5·2. প্রশমন ক্রিয়া (Neutralisation) :

● সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরকে প্রশমিত ক'রে নিরপেক্ষ লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে প্রশমন ক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিড দ্বারা ক্ষার বা ক্ষার দ্বারা অ্যাসিড প্রশমিত হয়। যেমন,

KOH (পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ HCl = KCl$ (পটাসিয়াম ক্লোরাইড) $+ H_2O$

5·3. সূচক (Indicator) :

● সংজ্ঞা : যে পদার্থ সাধারণত বর্ণ পরিবর্তন ক'রে কোন বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে তাকে সূচক বলে।

সূচক নানা ধরনের হয়। যেমন, অ্যাসিড-ক্ষার সূচক, জারণ-বিজারণ সূচক ইত্যাদি। অ্যাসিড-ক্ষার সূচককে প্রশমন-সূচক বলে।

যে পদার্থগুলি নিজেদের বর্ণ পরিবর্তন ক'রে অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে, তাদের অ্যাসিড-ক্ষার সূচক বলে।

প্রশমন সূচকগুলি সাধারণত মৃদু জৈব অ্যাসিড বা জৈব ক্ষার। যেমন, মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange) একটি জৈব ক্ষার। মিথাইল অরেঞ্জ মৃদু ক্ষার ও তীব্র অ্যাসিডের প্রশমন নির্দেশ করে। নিম্নে কয়েকটি সূচকের কথা বলা হ'য়েছে—

সূচক	অ্যাসিডীয় বর্ণ	প্রশম দ্রবণে বর্ণ	ক্ষারীয় বর্ণ
1. মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange)	গোলাপী লাল	কমলা	হলুদ
2. লিটমাস (Litmas)	লাল	বেগুনি	বেগুনি
3. ফিনলপথ্যালিন (Phenolpthalein)	বর্ণহীন	বর্ণহীন	গোলাপী

মনে রাখা দরকার যে, কোন অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করার জন্য যে কোন সূচক ব্যবহার করা যায় না। অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর সূচকের ব্যবহার নির্ভর করে।

প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় নিরপেক্ষ লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন লবণের কয়েকটি আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হ'য়ে দ্রবণকে হয় অ্যাসিড ধর্মী না হয় ক্ষার ধর্মী করে। আবার কয়েকটি লবণ আদৌ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় না। তাই প্রশমনের সময় দ্রবণের অ্যাসিড বা ক্ষারীয় অবস্থার কথা বিবেচনা ক'রে বিভিন্ন সূচক ব্যবহার করা হয়। নীচে কয়েকটি প্রশমন ক্রিয়া ও ব্যবহৃত সূচক সম্পর্কে বলা হ'য়েছে—

প্রশমন ক্রিয়া	প্রশমন ক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশের জন্য উপযুক্ত সূচক
1. তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের	যে কোন সূচক
2. মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের	ফিনলপ্থ্যালিন
3. তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের	মিথাইল অরেঞ্জ
4. মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের	কোন সূচক ব্যবহার করা সম্ভব নয়।

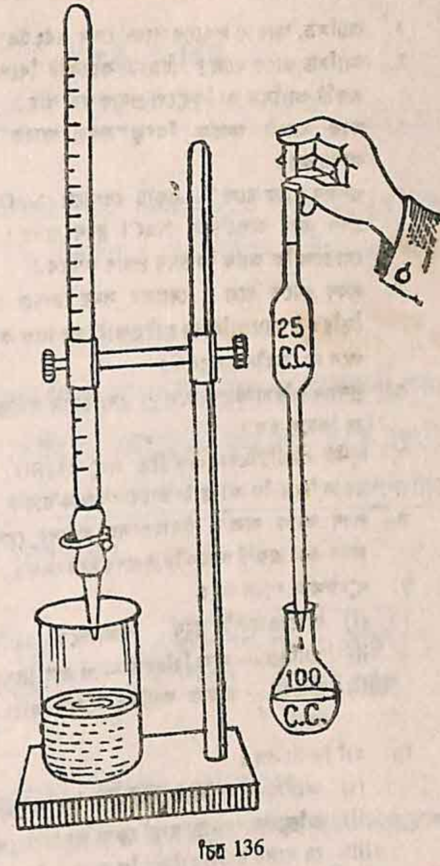
● **ফিনলপ্থ্যালিন সূচকের ব্যবহার :** তীব্র অ্যাসিড (HCl, HNO_3, H_2SO_4) এবং সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) প্রশমন ক্রিয়ায় মনে রাখা দরকার যে, ফিনলপ্থ্যালিন সূচক কেবলমাত্র অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন-ক্ষণ নির্দেশ করে। কারণ এই বিক্রিয়া দু'ধাপে ঘটে :

I. $Na_2CO_3 + HCl = \underset{\text{সোডিয়াম বাইকার্বনেট}}{NaHCO_3} + NaCl$

II. $NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$

ধাপে ধাপে সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হওয়ায় ফিনলপ্থ্যালিন বর্ণহীন হয়। সুতরাং **ফিনলপ্থ্যালিন ব্যবহার ক'রে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রশমন করার সময় ইহা বর্ণহীন হ'লে বুঝতে হবে যে, অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমিত হ'য়েছে। অবশিষ্ট সোডিয়াম বাই কার্বনেটকে প্রশমিত করার সময় মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার ক'রতে হয়।**

● **একটি পরীক্ষা ঃ** একটি বীকারে পিপেটের সাহায্যে 25 c.c. কস্টিক সোডার (NaOH) জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। এই দ্রবণে এক ফোঁটা ফিনল্‌পথ্যালিন মেশালেদ্রবণের বর্ণ গোলাপী হয়। একটি বিউরেটের অভ্যন্তরে O-দাগ পর্যন্ত প্রায় সম মাত্রিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ নেওয়া হয়। একটি স্ট্যান্ডে বিউরেটকে খাড়াভাবে আটকিয়ে ইহার নীচে ঐ বীকারকে রাখা হয়। এখন বিউরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা ক'রে অ্যাসিড দ্রবণ বীকারের দ্রবণে ফেলা হয় ও বীকারের দ্রবণকে একটি কাচ দণ্ডের সাহায্যে নাড়া হয়। দ্রবণের গোলাপী বর্ণ হাল্কা হ'তে হ'তে যখন বর্ণহীন হয় ঠিক তখনই অ্যাসিড ফেলা বন্ধ করা হয়। এই বর্ণহীন অবস্থা প্রশম ক্ষণ অর্থাৎ এই অবস্থায় ক্ষার দ্রবণ অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা ঠিক প্রশমিত হয়। বিউরেটের পাঠ থেকে 25 c.c. ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত ক'রতে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন c.c. তে জানা যায়। ক্ষার ও অ্যাসিডের মধ্যে যে কোন একটির মাত্রা জানা থাকলে অপরটির মাত্রা নির্ণয় করা যায়। এই পরীক্ষায় ফিনল্‌পথ্যালিনের পরিবর্তে মিথাইল অরেঞ্জ বা লিটমাস সূচকও ব্যবহার করা যায়।



চিত্র 136

● **বিলীয়মান রঙ (Vanishing colour) ঃ** ফিনল্‌পথ্যালিন দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মেশালে লাল বা বেগুনি দ্রবণ গঠিত হয়। এই রঙ কাপড়ে ছিটিয়ে দিলে কাপড়ের রঙ লাল বা বেগুনি হয়। কিন্তু বস্তুর সংস্পর্শে অ্যামোনিয়া শুষ্ক হ'তে থাকায় কাপড়ের লাল বা বেগুনি রঙ অদৃশ্য হয়। তাই অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত ফিনল্‌পথ্যালিন দ্রবণের লাল বা বেগুনি রঙকে বিলীয়মান রঙ বলে। দোলের সময় এইরূপ বিলীয়মান রঙের দ্রবণ ব্যবহৃত হ'তে দেখা যায়।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের সংজ্ঞা লেখ এবং উহাদের উদাহরণ দাও। [Tripura 1983]
2. অ্যাসিড কাকে বলে? ইহার কয়েকটি বিশেষ ধর্ম উল্লেখ কর। সালফিউরিক অ্যাসিড যে একটি অ্যাসিড তা কিরূপে প্রমাণ করা যায়?
3. ক্ষার মাত্রেই ক্ষারক কিন্তু সকল ক্ষারক ক্ষার নহে—উদাহরণ সহযোগে ইহার তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।
4. প্রশমন কাকে বলে? একটি বোতলে NaOH দ্রবণ, আর একটি বোতলে লঘু H_2SO_4 দ্রবণ এবং অপরটিতে NaCl দ্রবণ আছে। কেবলমাত্র নীল লিটমাস কাগজ দিয়ে কোন্ বোতলে কি আছে কিভাবে প্রমাণ ক'রবে? [M. Exam. 1980]
5. লবণ কাকে বলে? দোলের সময় তোমরা কেহ কেহ বিলীয়মান রং ব্যবহার কর। এই রং তৈরি হয় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে কয়েক ফোঁটা ফেনল্‌থ্যালিন মিশিয়ে। কিছুক্ষণ পরে রং বিলীন হয় কেন? [M. Exam. 1981]
6. প্রশমন প্রক্রিয়া কাকে বলে? সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে এক ফোঁটা ফেনল্‌থ্যালিন দিলে রং কিরূপ হয়? [M. Exam. 1982]
7. দু'টি টেস্টটিউবের একটিতে লঘু H_2SO_4 এবং অপর একটিতে NaOH দ্রবণ আছে। কোন্‌টিতে কি আছে কিভাবে সনাক্ত ক'রবে? [M. Exam. 1983]
8. লবণ কাকে বলে? উদাহরণসহ লবণের শ্রেণীবিভাগ লেখ। সংকেতসহ একটি অ্যাসিড লবণ এবং একটি ক্ষারকীয় লবণের নাম লেখ।
9. শূন্যস্থান পূরণ কর :
   (i) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ — লিটমাসকে —।
   (ii) অ্যাসিড — সঙ্গে বিক্রিয়ায় — ও জল উৎপন্ন করে।
   (iii) ক্ষারের — মূলক অ্যাসিড মূলক দ্বারা — ভাবে প্রতিস্থাপিত হ'লে — লবণ উৎপন্ন হয়।
10. হ্যাঁ কি না বল :
   (i) অ্যাসিড লাল লিটমাসকে নীল বর্ণে পরিণত করে।
   (ii) অক্সিজেন পরমাণু ছাড়া কোন অ্যাসিডের অণু গঠিত হ'তে পারে না।
   (iii) যে ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হয় তাদের ক্ষার বলে।
   (v) লবণে ক্ষারকীয় মূলক ও অ্যাসিড মূলক দুইই আছে।
11. অম্ল ও লবণ কাকে বলে? প্রত্যেকের একটি ক'রে উদাহরণ দাও। [M. Exam. (Tripura) 1987]
12. সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে একফোঁটা ফেনল্‌থ্যালিন দিলে কি রঙ দেখা যাবে? [M. Exam. 1986]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) অ্যাসিড কাকে বলে? (ii) ক্ষার ও ক্ষারকের পার্থক্য কি? প্রত্যেকের একটি ক'রে উদাহরণ দাও। (iii) অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় কি পাওয়া যায়? (iv) চুনের জল অ্যাসিডধর্মী না ক্ষার ধর্মী? (v) ক্ষার ধর্মী লবণে মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ কিরূপ হয়? (vi) অ্যাসিডধর্মী লবণে ফেনল্‌থ্যালিনের বর্ণ কিরূপ হয়? (vii) প্রশমন ক্রিয়া কাকে বলে?

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

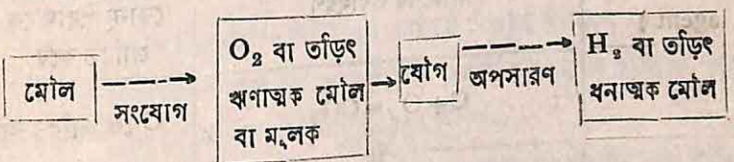
জারণ ও বিজারণ
(Oxidation & Reduction)

6·1. সূচনা :

প্রকৃতি অনুযায়ী রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে সাধারণভাবে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। জারণ (oxidation) ও বিজারণ (reduction) ইহাদের মধ্যে অন্যতম।

● **জারণ (Oxidation) :**

● **সংজ্ঞা :** যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌলে বা যৌগে অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা এইগুলির অনুপাত বাড়ে কিংবা কোন যৌগ থেকে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় বা এইগুলির অনুপাত কমে তাকে **জারণ** বলে।



● **উদাহরণ :** (i) $C+O_2=CO_2$ (অক্সিজেন যুক্ত হয়)।
এক্ষেত্রে কার্বন, অক্সিজেনের সংযোগে কার্বন ডাইঅক্সাইডে জারিত হয়। অনুরূপ-ভাবে, $2Cu+O_2=2CuO$; $S+O_2=SO_2$;

(ii) $2NO+O_2=2NO_2$; $2SO_2+O_2=2SO_3$ (অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি)।

এক্ষেত্রে নাইট্রিক অক্সাইড ও সালফার ডাইঅক্সাইড অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে ও সালফার ট্রাইঅক্সাইডে জারিত হয়।

(iii) $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$ (তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল যুক্ত হয়)।

এক্ষেত্রে ফেরাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হওয়ায় ক্লোরিনের অনুপাত বাড়ে। কাজেই, $FeCl_2$ জারিত হয়। আবার, $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$

এক্ষেত্রে, জিঙ্কের সহিত ঋণাত্মক সালফেট মূলক (SO_4) সংযোজিত হয়।

(iv) $H_2S+Cl_2=S+2HCl$ (H_2 অপসারিত)।

এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেন অপসারিত হওয়ায় ইহা সালফারে জারিত হয়।

(v) $6Mg+2N_2=2Mg_3N_2$ (তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল যুক্ত হয়)।

এক্ষেত্রে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জারিত হ'রে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড গঠন করে।

(vi) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$ (হাইড্রোজেন অপসারিত)।

এক্ষেত্রে MnO_2 জারক পদার্থ হিসেবে HCl থেকে হাইড্রোজেন অপসারিত ক'রে Cl_2 মুক্ত করে।

(vii) $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$; এক্ষেত্রে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) জারিত হ'য়ে আয়োডিন উৎপন্ন করে।

● **জারক দ্রব্য (Oxidising agent) ঃ** যে পদার্থের সাহায্যে অপর কোন পদার্থের জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, তাকে জারক দ্রব্য বলে।

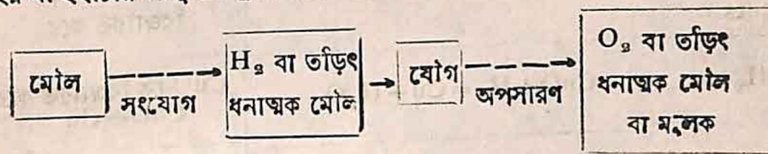
উপরের উদাহরণগুলিতে O_2, Cl_2, N_2, MnO_2 ইত্যাদি জারক দ্রব্য।

জারক পদার্থ (Oxidising agent)	জারণের উদাহরণ	কোন্ পদার্থকে জারিত করে
O_2	$C+O_2=CO_2$	C কে জারিত করে
H_2O_2	$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$	PbS-কে জারিত করে $PbS \rightarrow PbSO_4$
Cl_2	$H_2S+Cl_2=2HCl+S\downarrow$	H_2S-কে জারিত করে $H_2S \rightarrow S$
HNO_3	$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$	C-কে জারিত করে $C \rightarrow CO_2$
গাঢ় H_2SO_4	$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$	C-কে জারিত করে $C \rightarrow CO_2$
$KMnO_4$	$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$	SO_2-কে জারিত করে $SO_2 \rightarrow H_2SO_4$

● বিজারণ (Reduction)

● **সংজ্ঞা ঃ** যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌলে বা যৌগে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা ইহাদের অনুপাত বৃদ্ধি পায় কিংবা

কোন যৌগ থেকে অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় বা ইহাদের অনুপাত হ্রাস পায় তাকে **বিজারণ** বলে।



● উদাহরণ : (i) $Cl_2+H_2S=2HCl+S$ (H_2 যুক্ত হয়)।

এক্ষেত্রে ক্লোরিনের সঙ্গে H_2 যুক্ত হওয়ায় ক্লোরিন HCl-এ বিজারিত হয়। অন্যান্য উদাহরণ : $Ca+H_2=CaH_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড); $N_2+3H_2=2NH_3$ (অ্যামোনিয়া)।

(ii) $CuO+H_2=Cu+H_2O$ (অক্সিজেন অপসারিত হয়)।

এক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত CuO অক্সিজেন বর্জন ক'রে Cu-তে বিজারিত হয়।

(iii) $2Na+F_2=2NaF$ (তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের সংযোগ)।

এক্ষেত্রে সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফ্লুরিন বিজারিত হ'য়ে সোডিয়াম ফ্লুরাইডে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে, $2Na+Cl_2=2NaCl$

(iv) $HgCl_2+Hg=Hg_2Cl_2$ (তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের অনুপাত বৃদ্ধি)।

এক্ষেত্রে মারকিউরিক ক্লোরাইড মারকারির সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিজারিত হ'য়ে মারকিউরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

(v) $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$ (তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের অপসারণ)।

(vi) $FeCl_3+H=FeCl_2+HCl$;

এক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইডকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে।

(vii) $AlCl_3+3Na=Al+3NaCl$, এক্ষেত্রে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) থেকে ক্লোরিন (Cl_2) অপসারিত হ'য়েছে।

● **বিজারক দ্রব্য** (**Reducing agent**) : যে পদার্থ দ্বারা অন্য কোন পদার্থের বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাকে **বিজারক দ্রব্য** বলে।

উপরের উদাহরণে, H_2S, H_2, Na, Hg ইত্যাদি বিজারক দ্রব্য।

বিজারক পদার্থ (Reducing agents)	বিজারণের উদাহরণ	কোন্ পদার্থকে বিজারিত করে
H_2	$CuO+H_2=Cu+H_2O$	CuO-কে বিজারিত করে $CuO \rightarrow Cu$
SO_2	$SO_2+Br_2+2H_2O$ $=2HBr+H_2SO_4$	Br_2-কে বিজারিত করে $Br_2 \rightarrow HBr$
H_2S	$H_2S+Cl_2=2HCl+S$	Cl_2-কে বিজারিত করে $Cl_2 \rightarrow HCl$
C	$FeO+C=Fe+CO$	FeO-কে বিজারিত করে $FeO \rightarrow Fe$
HNO_2	$HNO_2+Br_2+H_2O$ $=HNO_3+2HBr$	Br_2-কে বিজারিত করে $Br_2 \rightarrow HBr$
HBr	H_2SO_4+2HBr $=Br_2+SO_2+2H_2O$	H_2SO_4-কে বিজারিত করে $H_2SO_4 \rightarrow SO_2$
$SnCl_2$	$SnCl_2+2HgCl_2$ $=Hg_2Cl_2+SnCl_4$	$HgCl_2$-কে বিজারিত করে $HgCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2$

● **জারণ ও বিজারণ উভয় ক্রিয়াই একই সঙ্গে সম্পন্ন হয় (Oxidation and reduction occurs simultaneously) ঃ** যখন কোন পদার্থ জারিত হয় তখন সেই পদার্থই জারক দ্রব্যকে বিজারিত করে।

অনুরূপভাবে, যখন কোন পদার্থ বিজারিত হয় তখন সেই পদার্থই বিজারক দ্রব্যকে জারিত করে। অর্থাৎ জারক কোন পদার্থকে বিজারিত করার সময় নিজে একই সঙ্গে বিজারিত হয় এবং বিজারক কোন পদার্থকে বিজারিত করার সময় নিজে একই সঙ্গে জারিত হয়। যেমন ঃ

1. উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস পাঠালে ধাতব কপার ও কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। কপার অক্সাইড থেকে অক্সিজেন চলে যাওয়ায় ইহা কপারে বিজারিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড অক্সিজেন নিয়ে কার্বন ডাইঅক্সাইডে জারিত হয়।

বিজারণ

$$CuO+CO=Cu+CO_2$$

জারণ

2. জল গঠনের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন হাইড্রোজেনকে জারিত করে, আবার হাইড্রোজেন অক্সিজেনকে বিজারিত করে।

$$2H_2+O_2=2H_2O$$

3. জারণ

$$4HCl+MnO_2=Cl_2+MnCl_2+2H_2O$$

বিজারণ

4. জারণ

$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$

বিজারণ

জারণ ও বিজারণকে পরস্পর বিপরীত বিক্রিয়াও বলা যায়। অর্থাৎ কোন পদার্থকে জারিত ক'রলে যে পদার্থ পাওয়া যায় তাকে আবার বিজারিত ক'রলে আগের পদার্থটি পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে, কোন পদার্থ বিজারিত হ'য়ে যে পদার্থ উৎপন্ন করে তাকে জারিত ক'রলে আগের পদার্থটি ফিরে পাওয়া যায়। যেমন,

(i) কার্বন মনোক্সাইড বায়ুতে দহনের দরুন কার্বন ডাইঅক্সাইডে জারিত হয়। আবার কার্বন ডাইঅক্সাইডকে উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে পাঠালে ইহা কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

CO —বায়ুতে দহন দ্বারা জারণ→ CO_2

CO_2 —উত্তপ্ত কার্বন দ্বারা বিজারণ→ CO

(ii) ক্লোরিন গ্যাস ফেরাস ক্লোরাইডকে ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত করে। আবার ফেরিক ক্লোরাইডকে স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত ক'রলে ফেরাস ক্লোরাইড ফিরে পাওয়া যায়।

$FeCl_2$ —ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা জারণ→ $FeCl_3$

$FeCl_3$ —স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারণ→ $FeCl_2$

জারক দ্রব্য ও বিজারক দ্রব্য নির্ণয়ের পরীক্ষা :

জারক দ্রব্যগুলি (i) পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ থেকে বেগুনি বর্ণের আয়োডিন নির্গত করে, (ii) হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) থেকে কঠিন সালফার মুক্ত করে এবং (iii) বর্ণহীন ফেরাস লবণকে হলুদ বর্ণের ফেরিক লবণে পরিণত করে।

● **বিজারক দ্রব্যগুলি** (i) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণের বেগুনি বর্ণকে বর্ণহীন করে, (ii) আয়োডিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং (iii) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণের কমলা বর্ণকে সবুজ বর্ণে পরিণত করে।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. জারণ ও বিজারণ কাকে বলে? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1982]
2. $H_2S+Cl_2=2HCl+S$; $2Na+Cl_2=2NaCl$; $C+O_2 \rightarrow CO_2$; $CuO+CO=Cu+CO_2$; $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$
এই বিক্রিয়ার জারক ও বিজারক দ্রব্য নির্দিষ্ট কর এবং দুটি বিক্রিয়া বিশ্লেষণ ক'রে দেখাও যে, জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে। [M. Exam. 1979]
3. সংজ্ঞা লেখ : জারণ। হাইড্রোজেন সালফাইড যে বিজারকরূপে বিক্রিয়া করে তার সমীকরণসহ একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1976, '80, '82]
4. ব্রোমিন দ্রবণের মধ্য দিয়ে সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস চালনা ক'রলে বিক্রিয়াটির সমীকরণ দাও এবং কোন্‌টি জারিত ও কোন্‌টি বিজারিত হয় তা লেখ। [M. Exam. 1977]
5. একটি বিজারক গ্যাসের নাম লেখ এবং বিজারণ ক্রিয়ার একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. (comp.) 1977]
6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার কোন্‌টি জারিত ও কোন্‌টি বিজারিত হয় যুক্তিসহ লেখ :
(i) $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$
(ii) $H_2S+Br_2=2HBr+S$ [M. Exam. (comp.) 1980]
7. জারণ ও বিজারণ ব'লতে কি বোঝ? জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে—এই উক্তির সমর্থনে একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1981, '83]
8. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটির সাহায্যে বুঝাইয়া দাও যে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে হয়। [Tripura, 1983]
$CuO+H_2=Cu+H_2O$
9. নীচের বিক্রিয়াগুলিতে জারণ ও বিজারণ কিভাবে ঘটে বুঝিয়ে দাও : [M. Exam. 1984]
(i) $CO_2+C=2CO$; (ii) $2H_2+O_2=2H_2O$; (iii) $2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$; (iv) $PbO+H_2=Pb+H_2O$।
10. (a) জারণ ও বিজারণের সংজ্ঞা লেখ। [M. Exam. (Tripura) 1987]
(b) বিজারক পদার্থ হিসেবে কাজ করে এমন একটি গ্যাসের নাম লেখ এবং তোমার উত্তরের সপক্ষে রাসায়নিক সমীকরণটি লেখ। [M. Exam. (Tripura) 1984]
11. দেখাও যে, নীচের বিক্রিয়ায় জারণ এবং বিজারণ একই সঙ্গে ঘটে।
$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$ [Tripura, 1981]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) জারণ কাকে বলে? (ii) একটি জারক পদার্থের উদাহরণ দাও। (iii) বিজারক কাকে বলে? (iv) একটি বিজারক পদার্থের উদাহরণ দাও। (v) বিজারণ কাকে বলে? (vi) হাইড্রোজেনের সংযোগ ছাড়া কি বিজারণ ঘটতে পারে? (vii) অক্সিজেনের সংযোগ ছাড়া কি জারণ ঘটতে পারে?

সপ্তম পরিচ্ছেদ

কয়েকটি গ্যাসের প্রস্তুতি ও ধর্ম
(Preparation of some Gases and their Properties)

7·1. অক্সিজেন (Oxygen)

আণবিক সংকেত : O_2 ; যোজ্যতা : 2 ; পারমাণবিক ওজন : 16

● **আবিষ্কার :** বিজ্ঞানী শীলে, প্রিস্টলী ও ল্যাভয়সিয়ে অষ্টাদশ শতাব্দীতে প্রায় একই সময়ে স্বতন্ত্রভাবে এই গ্যাস আবিষ্কার করেন।

● **অবস্থান :** বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় অক্সিজেন পাওয়া যায়। বায়ুতে আয়তনের শতকরা 20·9 ভাগ অক্সিজেন। জলে এই গ্যাস যৌগ হিসেবে থাকে। 9 ভাগ ওজনের জলে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন আছে। তাছাড়া মাটি, নানা খনিজ পদার্থ, প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের বিভিন্ন উপাদানের মধ্যে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন আছে।

$KClO_3(MnO_2)$	250°C ———→ তাপ	অক্সিজেন—O_2 বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস, বায়ুর চেয়ে সামান্য ভারী, জলে সামান্য দ্রাব্য	+ অধাতু→অম্লিক অক্সাইড। + ধাতু→ক্ষারীয় অক্সাইড। $+N_2 \xrightarrow{300°C} NO$ $+H_2 \rightarrow H_2O$ $+SO_2 \xrightarrow[Pt]{} SO_3$
$Na_2O_2+H_2O$	———→		

● **প্রস্তুতি :** নানা উপায়ে অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুত করা যায়। যেমন, (i) অক্সিজেনবহুল যৌগ থেকে, (ii) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ ক'রে, (iii) কয়েকটি ধাতব অক্সাইডকে উত্তপ্ত ক'রে ইত্যাদি। $2HgO=2Hg+O_2$; $2NaNO_3=2NaNO_2+O_2$।

বায়ুকে তরল ক'রে তরল বায়ু থেকে অক্সিজেনের অংশ আলাদা করা যায়।

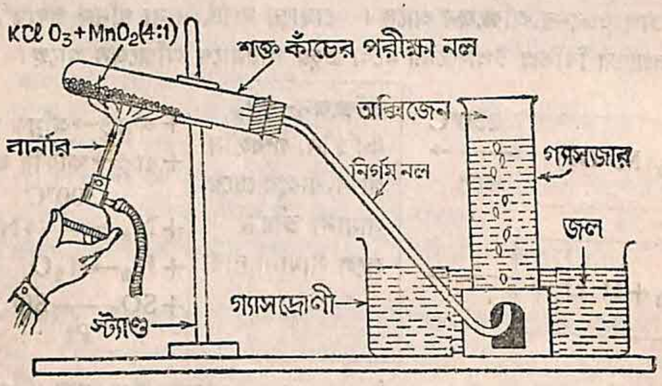
● **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :**

● **নীতি :** পরীক্ষাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের মিশ্রণকে 200°—240°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক'রে অক্সিজেন তৈরী করা হয়। এখানে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড (MnO_2) অনুঘটক হিসেবে কাজ করে। MnO_2 না মেশালে উচ্চ উষ্ণতার (প্রায় 600°C) প্রয়োজন হয়।

$2KClO_3$	$+[MnO_2]$	$=2KCl$	$+3O_2$	$+[MnO_2]$
পটাসিয়াম ক্লোরেট	ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড	পটাসিয়াম ক্লোরাইড	অক্সিজেন	ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড

এই বিক্রিয়ায় MnO_2-র কোন পরিবর্তন হয় না ; বিক্রিয়ার শেষে ইহাকে সম্পূর্ণরূপে ফিরে পাওয়া যায়। ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের পরিবর্তে কপার অক্সাইড বা ফেরিক অক্সাইডকে অনুঘটক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

পদ্ধতি : চার ভাগ ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে এক ভাগ ওজনের ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডকে ভালভাবে মিশিয়ে মিশ্রণকে একটি শক্ত কাচের টেস্টটিউবের মধ্যে নেওয়া হয়। মিশ্রণ দ্বারা টেস্টটিউবের অর্ধেক পূর্ণ ক'রে ইহার মুখ একটি সছিদ্র কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। এই ছিদ্রের মধ্য দিয়ে একটি নির্গম নল আটকানো হয়। নির্গম নলের বাইরের প্রান্তকে একটি জলপূর্ণ গ্যাস দ্রোণীর মধ্যে ডোবানো হয় (চিত্র 137)। টেস্ট-টিউবকে বন্ধনীর সাহায্যে একটি স্ট্যান্ডের সঙ্গে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে ইহার মুখের দিক ঢালু থাকে ; এবার টেস্টটিউবকে বুনসেন দীপের সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। এই অবস্থায় নির্গম নলের বাইরের প্রান্ত দিয়ে গ্যাস নির্গত হ'তে দেখা যায়। টেস্ট-টিউবের অভ্যন্তরস্থ বায়ু নির্গত হবার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাস জারকে নির্গম নলের বাইরের প্রান্তের ওপর উপুড়



চিত্র 137

ক'রে রাখা হয়। নির্গম নলের ভিতর দিয়ে বুদ্‌বুদ্‌ আকারে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হ'য়ে জলের নিম্ন অপসারণ (downward displacement)) দ্বারা গ্যাস জারে সংগৃহীত হয়। গ্যাস জার অক্সিজেন পূর্ণ হ'লে একটি কাচের চাকতি দিয়ে ইহার মুখ বন্ধ ক'রে জলের ভিতর থেকে বাইরে আনা হয়। বিভিন্ন পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাস জার অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়।

সতর্কতা : পরীক্ষাগারে অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুতির সময় কতকগুলি বিষয় লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন :

(i) টেস্টটিউবের ভিতরে রাখা মিশ্রণকে ধীরে ধীরে সমানভাবে উত্তপ্ত ক'রতে হয়। প্রবল বেগে গ্যাস নির্গত হ'লে বুনসেন দীপ সরিয়ে তাপ নিয়ন্ত্রণ ক'রতে হয়।

(ii) অক্সিজেন উৎপাদন বন্ধ হ'লে নির্গম-নলের বাইরের প্রান্তকে গ্যাস দ্রোণীর জলের উপর রাখতে হয়। তা না হ'লে উত্তপ্ত টেস্ট-টিউবের মধ্যে জল ঢুকে যায় ও টেস্টটিউব ফেটে যায়।

(iii) মিশ্রণ পূর্ণ টেস্টটিউবকে নির্গম নলের দিকে একটু ঢালু ক'রে রাখতে হয়।

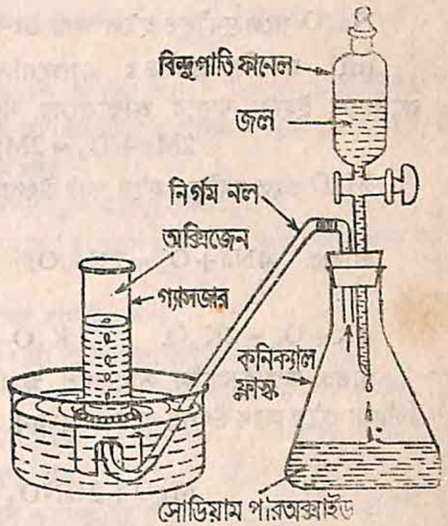
(iv) পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডকে খুব ভালভাবে মেশাতে হয়।

● **অক্সিজেন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি ঃ** (i) সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়াম পারক্সাইডকে জলের সংস্পর্শে আনলে কস্টিক সোডা ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$$

সোডিয়াম পারক্সাইড

● **পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ** একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। কর্কের দুটি ছিদ্র দিয়ে একটি নির্গম নল ও একটি বিন্দুপাতী ফানেলের নল (চিত্র 138) প্রবেশ করানো হয়। ফ্লাস্কে কিছু সোডিয়াম পারক্সাইড ও বিন্দুপাতী ফানেলে কিছু পরিমাণ জল নেওয়া হয়। নির্গম নলের খোলা মুখের উপর একটি জলভর্তি গ্যাসজার উল্টো ক'রে বসানো হয়। তারপর বিন্দুপাতী ফানেল থেকে বিন্দু বিন্দু জল সোডিয়াম পারক্সাইডের উপর ফেলা হয়। ইহাতে অক্সিজেন উৎপন্ন হ'য়ে নির্গম নল বেয়ে এসে জল অপসারণ পদ্ধতিতে গ্যাস জারে জমা হয়।



চিত্র 138

(ii) পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত ক'রলে অক্সিজেন পাওয়া যায়—

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow$$

(iii) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ ক'রলে অক্সিজেন পাওয়া যায়—

$$2H_2O = 2H_2 + O_2$$

(iv) উচ্চ উষ্ণতায় মারকিউরিক অক্সাইড থেকে অক্সিজেন পাওয়া যায়—

$$2HgO = 2Hg + O_2\uparrow$$

7·2. অক্সিজেনের ধর্ম (Properties of oxygen) ঃ

● **ভৌত ধর্ম ঃ** সাধারণ অবস্থায় অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা বায়ুর তুলনায় সামান্য ভারী ও জলে সামান্য দ্রাব্য। জলচর প্রাণী জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের সাহায্যে শ্বাস গ্রহণ করে। অক্সিজেন গ্যাসকে শীতল ক'রে তরলে ও কঠিনে পরিণত করা যায়। ইহার হিমাংক $-218^\circ C$ এবং স্ফুটনাংক $-183^\circ C$।

● **রাসায়নিক ধর্ম ঃ** (i) অক্সিজেন নিজে অদাহ্য, কিন্তু ইহা অন্যান্য পদার্থের দহনে সাহায্য করে।

● **পরীক্ষা ঃ** একটি শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি অক্সিজেন গ্যাস জারে প্রবেশ করালে উহা উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে, কিন্তু অক্সিজেন জ্বলে না। এই পরীক্ষা অক্সিজেন গ্যাসের উপস্থিতি প্রমাণ করে।

(ii) অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় মৌলিক পদার্থ। কোন একটি মৌলিক পদার্থ ও অক্সিজেনের যৌগকে অক্সাইড বলে। যেমন,

$4Na+O_2=2Na_2O$; $4P+5O_2=2P_2O_5$ ইত্যাদি।

Na_2O জলে দ্রবীভূত হ'লে ক্ষার উৎপন্ন হয়। $Na_2O+H_2O=2NaOH$

(iii) **ক্ষারীয় অক্সাইড ঃ** ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম. পটাসিয়ামকে বায়ুর মধ্যে জ্বালালে ইহারা বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে অক্সাইড গঠম করে। যেমন

$2Mg+O_2=2MgO$

MgO জলে দ্রবীভূত হ'য়ে ক্ষার উৎপন্ন করে। $MgO+H_2O=Mg(OH)_2$

[MgO জলে কম দ্রাব্য]

আবার, $4Na+O_2=2Na_2O$, $Na_2O+H_2O=2NaOH$

(কস্টিকসোডা, ক্ষার)

$4K+O_2=2K_2O$, $K_2O+H_2O=2KOH$ (কস্টিক পটাস, ক্ষার)

ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণত ক্ষারকীয় অক্সাইড। ইহারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ উৎপন্ন করে। যেমন, $Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$

লবণ

$MgO+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2O$

লবণ

(iv) **অ্যাসিডিক অক্সাইড ঃ** কার্বন, সালফার প্রভৃতি অধাতুকে বায়ুর মধ্যে আগুন ধরালে ইহারা জ্বলে ওঠে এবং বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে অক্সাইড গঠন করে। এই জাতীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হ'লে অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যেমন,

$C+O_2=CO_2$, $CO_2+H_2O=H_2CO_3$

কার্বনিক অ্যাসিড

$S+O_2=SO_2$ $SO_2+H_2O=H_2SO_3$

সালফিউরাস অ্যাসিড

$4P+5O_2=2P_2O_5$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$

ফসফরিক অ্যাসিড

এই অক্সাইডগুলি আবার ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ উৎপন্ন করে। যেমন,

$CO_2+CaO=CaCO_3$

ক্ষারক লবণ

$SO_2+2NaOH=Na_2SO_3+H_2O$

ক্ষার লবণ

অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রণে আগুন ধরালে তীব্র বিক্রিয়া ঘটে ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। $2H_2+O_2=2H_2O$।

নাইট্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেন বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা উৎপন্ন প্রায় 3000°C উষ্ণতায় বিক্রিয়া ক'রে নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে। $N_2+O_2=2NO$

(v) **প্রশম অক্সাইড ঃ** কার্বন মনক্সাইড (CO), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), জল (H_2O) ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড। ইহারা জলে দ্রবীভূত হয় না বা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। ইহাদের জলীয় মিশ্রণে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন ধর্ম'ই প্রকাশ পায় না।

(vi) **জারণ ধর্ম ঃ** অক্সিজেন কোন কোন যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ বাড়িয়ে দিয়ে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। যেমন বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অক্সিজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া ক'রে গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে, $2NO+O_2=2NO_2$

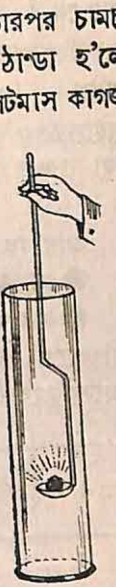
অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের জারণ ক্ষমতা বাড়ে। যেমন প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেন সালফার ডাইঅক্সাইডকে সালফার ট্রাইঅক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করে।

$$2SO_2+O_2=2SO_3 \; ; \; 4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল এবং অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা অক্সিজেন শোষিত হয়।

● **পরীক্ষা দ্বারা অক্সিজেনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ ঃ**

● **প্রথম পরীক্ষা ঃ** একটি চামচে একটুকরো কাঠকয়লা নিয়ে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। কাঠকয়লা লাল হ'য়ে উঠলে চামচ সহ কাঠকয়লাকে একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস জারে প্রবেশ করানো হয়। কাঠকয়লা উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে ওঠে। তারপর চামচ বাইরে এনে গ্যাস জারের মুখ ঢাকনি দিয়ে বন্ধ করা হয়, গ্যাস জার ঠাণ্ডা হ'লে উহার মধ্যে জল দিয়ে ঝাঁকানো হয়। গ্যাস জারের এই দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডোবালে কাগজের বর্ণ লাল হয়। উত্তপ্ত কাঠ কয়লা অক্সিজেনে জ্বলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $C+O_2=CO_2$। অক্সিজেন জারক পদার্থ হওয়ায় কার্বনকে কার্বন ডাইঅক্সাইডে জারিত করে। কার্বন ডাইঅক্সাইড জলে দ্রবীভূত হ'য়ে কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে। $CO_2+H_2O=H_2CO_3$। ইহা অ্যাসিড ধর্মী।



চিত্র 139

● **দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ** একটি চামচে গন্ধক নিয়ে উত্তপ্ত ক'রে চামচ সহ গন্ধককে একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস জারে প্রবেশ করানো হয়। গন্ধক নীল শিখায় জ্বলে ওঠে এবং ঝাঁঝালো গন্ধের গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসে ভিজে নীল লিটমাস কাগজ ধ'রলে উহার বর্ণ লাল হয়। উত্তপ্ত গন্ধক অক্সিজেনে জ্বলে সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় অক্সিজেন গন্ধক বা সারফারকে সালফার ডাইঅক্সাইডে জারিত করে। সালফার ডাইঅক্সাইড জলে দ্রবীভূত হ'য়ে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_2+H_2O=H_2SO_3$।

● **তৃতীয় পরীক্ষা ঃ** একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতাকে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস

জারে প্রবেশ করালে উহা কাদা আলোক রশ্মি সহ উজ্জ্বলভাবে জ্বলতে থাকে। সাদা পাউডার পাওয়া যায়। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে জ্বলে সাদা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2Mg+O_2=2MgO$। এই বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেন দ্বারা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে জারিত হয়।

সাদা পাউডারের সহিত জল মিশিয়ে ঝাঁকানো হয়। তারপর উহাতে ফিনল্‌পথ্যালিন যোগ ক'রলে হাল্‌কা গোলাপী বর্ণ উৎপন্ন হয়। কাজেই, উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড মৃদু ক্ষারধর্মী।

● **অক্সিজেনের সনাক্তকরণ :** (i) অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস জারে শিখাহীন জ্বলন্ত পাট কাঠি তীব্রভাবে জ্বলে ওঠে। (ii) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড গঠন করে। $2NO+O_2=2NO_2$। (iii) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ ক'রে বাদামী বর্ণের হয়।

7·3. অক্সিজেনের ব্যবহার (Uses of oxygen) :

(i) পর্বতারোহী ও রোগীদের শ্বাসকার্যের জন্য অক্সিজেন সিলিন্ডার থেকে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।
(ii) ইস্পাত প্রস্তুতিতে, H_2SO_4 ও HNO_3 এর শিল্প উৎপাদনে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। (iii) বিশেষ ধরনের বিস্ফোরক প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে। (iv) অক্সিজেন-হাইড্রোজেন শিখা তৈরিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।



চিত্র 140 : অক্সিজেন-হাইড্রোজেন শিখা

7·4. হাইড্রোজেন (Hydrogen)

আণবিক সংকেত : H_2 ; যোজ্যতা : 1 ; পারমাণবিক ওজন : 1·008

● **আবিষ্কার :** স্যার হেনরী ক্যাভেন্ডিস সর্বপ্রথম এই গ্যাস প্রস্তুত করেন।

● **অবস্থান :** বায়ুর মধ্যে হাইড্রোজেনের পরিমাণ নগণ্য। হাইড্রোজেনকে যৌগরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। হাইড্রোজেনের প্রধান উৎস জল। প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যেও হাইড্রোজেন থাকে।

$Zn+H_2SO_4$ —সাধারণ উষ্ণতা→
$Ca+2H_2O$ ——→

হাইড্রোজেন—H_2
বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস, সবচেয়ে হাল্কা মৌল, জলে সামান্য দ্রাব্য

+ ক্লোরিন —তাপ→ HCl
+ ধাতব অক্সাইড → ধাতু
+ অক্সিজেন → জল
+ সোডিয়াম → সোডিয়াম হাইড্রাইড
+ $N_2(Fe)$ —উচ্চচাপ, 550°C→ NH_3

● প্রস্তুতি : সব অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন থাকে। হাইড্রোজেনের চেয়ে অধিক তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু যেমন Zn, Mg, Fe ইত্যাদি লঘু HCl ও লঘু H_2SO_4 থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

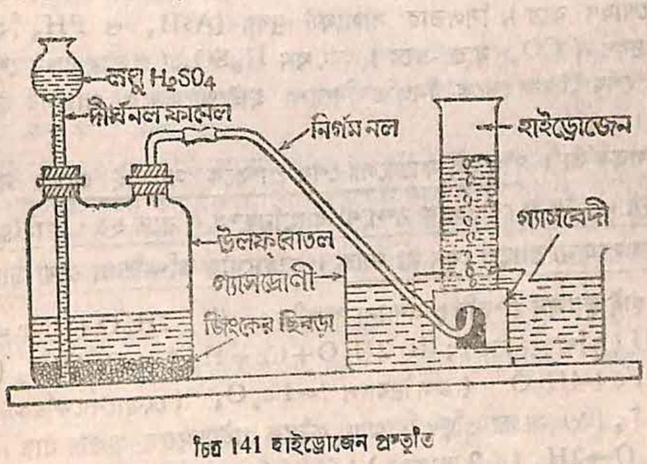
$$Zn+2HCl = ZnCl_2+H_2$$
$$Mg+H_2SO_4 = MgSO_4+H_2$$
$$Fe+2HCl = FeCl_2+H_2$$

● পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

● নীতি : সাধারণ উষ্ণতায় জিংকের ছিবড়ে (granulated zinc) বা টুকরোর সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত হয়। বিক্রিয়ার ফলে জিংক সালফেট ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{জিংক}}{Zn} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{জিংক সালফেট}}{ZnSO_4} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{H_2}$$

● পদ্ধতি : দুই মুখ বিশিষ্ট কাচের বোতলকে উলফ বোতল (*Woulf's bottle*) বলে। এইরূপ একটি উলফ বোতলে কিছু জিংকের টুকরো নিয়ে ইহার একমুখে কর্কের মধ্য দিয়ে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও অপর মুখে কর্কের মধ্য দিয়ে একটি নির্গম নল আটকানো হয় (চিত্র 141)। দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত উলফ বোতলের তলদেশ পর্যন্ত এবং নির্গম নলের এক প্রান্ত কর্কের নীচ পর্যন্ত থাকে। কর্ক ও কাচনলগুলির সংযোগস্থল সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ (air tight) করা হয়। কারণ, হাইড্রোজেন ও বায়ুর মিশ্রণে আগুন লাগলে বিস্ফোরণ ঘটতে পারে।



চিত্র 141 হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়ে বোতলের মধ্যে এমন পরিমাণ জল ঢালা হয় যাতে জিংকের টুকরোগুলি ও দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত জলে ডুবে থাকে। উলফ বোতল বায়ুনিরুদ্ধ হ'য়েছে কিনা পরীক্ষা করার জন্য নির্গম নলের শেষ প্রান্তে মুখ

দিয়ে ফুঁ দেওয়া হয়। ইহাতে দীর্ঘনল ফানেলে কিছু জল ওঠে। এবার নির্গম নলের বাইরের প্রান্ত বুড়ো আঙুল দিয়ে বন্ধ করা হয়। এই অবস্থায় দীর্ঘনল ফানেলে জলস্তম্ভ স্থির থাকলে বোতলটি বায়ুনিরুদ্ধ বোঝা যায়। এবার দীর্ঘনল ফানেল দিয়ে কিছু পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড জিংকের সংস্পর্শে আসা মাত্রই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হ'তে থাকে। প্রথমে যে গ্যাস বেরিয়ে আসে তাতে উল্ফ বোতলের বায়ু মিশে থাকে। তাই এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় না। কিছু সময় পরে হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ুমুক্ত হয়। তখন ইহা সংগ্রহ করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ুমুক্ত হ'য়েছে কিনা জানার জন্য একটি পরীক্ষা নলে গ্যাস সংগ্রহ ক'রে বুনসেন দীপের সামনে ধরা হয়। কোন শব্দ না ক'রে গ্যাস জ্বলে উঠলে বোঝা যায় যে, হাইড্রোজেনের সঙ্গে আর বায়ু মিশে নেই। এবার নির্গম নলের বাইরের প্রান্তকে একটি জলপূর্ণ গ্যাস দ্রোণীর মধ্যে ডোবানো হয়। তারপর একটি জলপূর্ণ গ্যাস জারকে নির্গম নলের বাইরের প্রান্তের উপর উপুড় ক'রে বসানো হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস জলের নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়। গ্যাসজার হাইড্রোজেন পূর্ণ হ'য়ে গেলে একটি কাচের চাকতি দিয়ে ইহার মুখ বন্ধ ক'রে ইহাকে জলের বাহিরে আনা হয়। বিভিন্ন পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাসজার হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়।

● **বিশুদ্ধিকরণ :** উল্ফ বোতল থেকে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। ইহার সঙ্গে সামান্য পরিমাণ আরসাইন (AsH_3), ফসফাইন (PH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2), জলীয় বাষ্প ইত্যাদি মিশে থাকে। বিশুদ্ধ গ্যাস পাওয়ার জন্য এই অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসকে পরপর রাখা চারটি U নলের মধ্য দিয়ে পাঠানো হয়। এই U নলগুলির মধ্যে যথাক্রমে লেড নাইট্রেট (H_2S শোষণ করে), সিলভার সালফেট দ্রবণ (AsH_3 ও PH_3 বিমুক্ত করে), KOH দ্রবণ (CO_2 মুক্ত করে) এবং ঘন H_2SO_4 (জলীয় বাষ্প শোষণ করে) থাকে। শেষ U নল থেকে নির্গত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

● **সতর্কতা :** দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্তকে সর্বদাই জলের নীচে ডুবিয়ে রাখতে হয়। উল্ফ বোতলকে সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ ক'রতে হয়। হাইড্রোজেন ভর্তি গ্যাসজারে সামান্য বায়ুও যেন না থাকে। কাছাকাছি অগ্নিশিখা রাখা উচিত নয়।

● **হাইড্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি :** (i) $2H_2O+2Na=H_2\uparrow+2NaOH$ (কস্টিকসোডা) ; (ii) $2H_2O+Ca=H_2\uparrow+Ca(OH)_2$ (চুনজল) ; (iii) $3Fe+4H_2O$ (জলীয়বাষ্প) $=Fe_3O_4$ (ফেরাসোফেরিক অক্সাইড) $+4H_2\uparrow$, (iv) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ ক'রলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

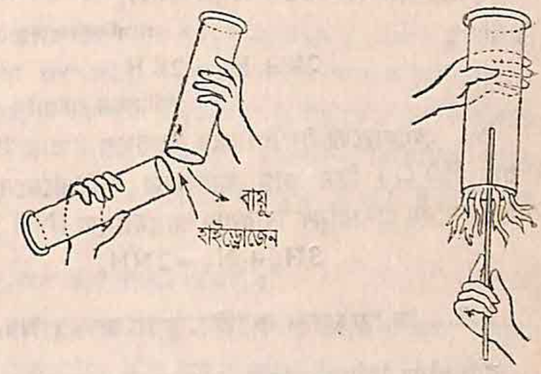
$2H_2O\rightarrow 2H_2\uparrow$ (2 আয়তন) $+O_2$ (1 আয়তন)।

7·5. হাইড্রোজেনের ধর্ম (Properties of hydrogen) :

● **ভৌত ধর্ম :** সাধারণ অবস্থায় হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন

গ্যাস। ইহা সবচেয়ে হাল্কা মৌল। ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য। ইহাকে শীতল ক'রে খুব উচ্চচাপে তরলে ও কঠিনে পরিণত করা যায়। ইহার গলনাঙ্ক $-259.2°C$ এবং স্ফুটনাঙ্ক $-252.7°C$।

● **পরীক্ষা:** একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাসজারকে উপুড় ক'রে একটি হাইড্রোজেন পূর্ণ গ্যাস জারের মুখে বসিয়ে ঢাকনি সরানো হয়। কিছু সময় পরে উপরের গ্যাসজার তুলে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করালে গ্যাসজারের মুখে গ্যাস ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে এবং কাঠি নিভে যায়। কাজেই, এই গ্যাস হাইড্রোজেন। হাইড্রোজেন বায়ুর চেয়ে হাল্কা হওয়ায় উপরের গ্যাস জারে চলে যায় এবং বায়ু নীচের গ্যাসজারে আসে। রাবারের বেলুনে হাইড্রোজেন গ্যাস পূর্ণ ক'রে বায়ুতে ছেড়ে দিলে উহা উড়তে থাকে।



চিত্র 137

● **রাসায়নিক ধর্ম:**

(i) হাইড্রোজেন নিজে দাহ্য। ইহা অন্য পদার্থের দহনে সাহায্য করে না। অক্সিজেন বা বায়ুতে হাইড্রোজেন বিস্ফোরণ সহ নীল শিখায় জ্বলে ও জল উৎপন্ন করে।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

● **পরীক্ষা:** একটি হাইড্রোজেন পূর্ণ গ্যাসজারের মুখ নীচের দিক ক'রে ইহাতে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করানো হয়। গ্যাসজারের মুখে হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে কিন্তু কাঠি নিভে যায়।

● **পরীক্ষা:** একটি কাচের বোতল জলপূর্ণ করে জল অপসারণ দ্বারা বোতলের দুই তৃতীয়াংশ হাইড্রোজেন ও বাকি অংশে অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। বোতলের মুখ ছিপি দিয়ে বন্ধ ক'রে বোতলকে তোয়ালে দিয়ে জড়িয়ে ঝাঁকানো হয়। কিছুক্ষণ বাদে ছিপি খুলে বোতলের মুখ বার্নারের শিখার সামনে ধ'রলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয় ও গ্যাস মিশ্রণ জ্বলে ওঠে।

(ii) অক্সিজেনের প্রতি হাইড্রোজেনের আসক্তি খুব বেশি। ধাতব অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা খুব সহজেই বিজারিত হয়। তাই হাইড্রোজেন বিজারক দ্রব্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \;;\; PbO + H_2 = Pb + H_2O.$$

(iii) সূর্যালোকে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

গলিত সালফারে হাইড্রোজেন চালনা ক'রলে হাইড্রোজেন সালফাইড তৈরী হয়।

$$H_2 + S = H_2S$$

(iv) হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতুকে উত্তপ্ত ক'রলে ধাতব হাইড্রাইড পাওয়া যায়

$$2Na + H_2 = 2NaH$$

সোডিয়াম হাইড্রাইড

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড

$$2K + H_2 = 2KH$$

পটাসিয়াম হাইড্রাইড

(v) লোহাচুরের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে (প্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয়) ও উষ্ণতায় (প্রায় 550°C) তিন ভাগ আয়তনের হাইড্রোজেনের সহিত একভাগ আয়তনের নাইট্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া (NH_3) গঠিত হয়।

$$3H_2 + N_2 = 2NH_3$$

7·6. জায়মান হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) ঃ

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন যৌগ থেকে হাইড্রোজেন যখন সদ্য উৎপন্ন হয় তখন এই সদ্যোজাত হাইড্রোজেনকে **জায়মান হাইড্রোজেন** বলা হয়। এই জায়মান হাইড্রোজেন গ্যাসীয় হাইড্রোজেনের চেয়ে অধিকতর শক্তিশালী বিজারক। অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে এক টুকরো জিঙ্ক দিলে মুক্ত জায়মান হাইড্রোজেন পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত ক'রে বর্ণহীন করে। কিন্তু গ্যাসীয় হাইড্রোজেন এই পরিবর্তন ঘটাতে পারে না।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

(জায়মান হাইড্রোজেনকে পারমাণবিক অবস্থায় দেখানো হ'য়েছে)

আবার হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস পাঠালে ইহার বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ইহাতে জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ ক'রলে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং ফেরিক ক্লোরাইড বর্ণহীন হয় ও ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$$

হলুদ বর্ণহীন

Fe, Ni, Co, Pt ইত্যাদি ধাতু এবং বিশেষ ক'রে প্যালাডিয়াম (Pd) হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে। Pd নিজ আয়তনের প্রায় 900 গুণ আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ ক'রতে পারে। এই ঘটনাকে হাইড্রোজেনের **অন্তর্ধৃতি** (occlusion) বলে। তাপ দিলে শোষিত হাইড্রোজেন নির্গত হয়।

সাধারণ হাইড্রোজেনের চেয়ে অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা বেশি। ইহা অন্ধকারেও ক্লোরিন বা আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। হলুদ ফেরিক ক্লোরাইড

দ্রবণে হাইড্রোজেন অন্তর্ধৃত প্যালাডিয়াম মেশালে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। কারণ ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হ'য়ে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়। সাধারণ ভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন এইরূপ ক্রিয়া করে না।

7·7. হাইড্রোজেনের ব্যবহার (Uses of hydrogen) ঃ

(i) HNO_3 ও HCl-এর শিল্প উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) 2500°C উষ্ণতায় অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা উৎপাদনে, ধাতব অক্সাইড থেকে ধাতু নিষ্কাশনে এবং উদ্ভিজ্জ ও প্রাণীজ তেলকে বনস্পতি জাতীয় স্নেহ পদার্থে পরিণত ক'রতে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (iii) রকেট এঞ্জিনের জ্বালানি হিসেবেও তরল হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (iv) খুব কম মাত্রার তাপ সৃষ্টি ক'রতে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

7·8. হাইড্রোজেনের সনাক্তকরণ ঃ

(i) বায়ুতে বা অক্সিজেনে হাইড্রোজেন গ্যাস নীল শিখায় জ্বলে ও জল উৎপন্ন করে। উৎপন্ন জল সাদা কপার সালফেটকে নীল বর্ণের কপার সালফেটে ($CuSO_4$, $5H_2O$) পরিণত করে, কিন্তু লাল বা নীল লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না। (ii) প্যালাডিয়াম, নিকেল ইত্যাদি ধাতু হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে।

7·7. অ্যামোনিয়া (Ammonia)

আণবিক সংকেত ঃ NH_3 আণবিক ওজন ঃ 17

● **অবস্থান ঃ** মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া থাকে। নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব পদার্থ, উদ্ভিদ ও প্রাণীর পচনের ফলে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়া ঘটিত লবণ উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়াম লবণ + ক্ষার	তাপ ⟶	অ্যামোনিয়া—NH_3, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন গ্যাস, বায়ুর চেয়ে হাল্কা, জলে খুব দ্রাব্য, সহজে তরলে পরিণত হয়।	+ অ্যাসিড → লবণ + জল → অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড $+CuO \rightarrow Cu + H_2O + N_2$ $+O_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} H_2O + N_2$ $\xrightarrow{1000^\circ C} N_2 + H_2$

● **প্রস্তুতি ঃ** যে কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে ক্ষারের সহিত উত্তপ্ত ক'রলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = 2NH_3 \uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$$
অ্যামোনিয়াম সালফেট, কস্টিক সোডা, অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম সালফেট, জল

$$NH_4NO_3 + NaOH = NH_3 \uparrow + NaNO_3 + H_2O$$
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, কস্টিকসোডা, অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম নাইট্রেট, জল

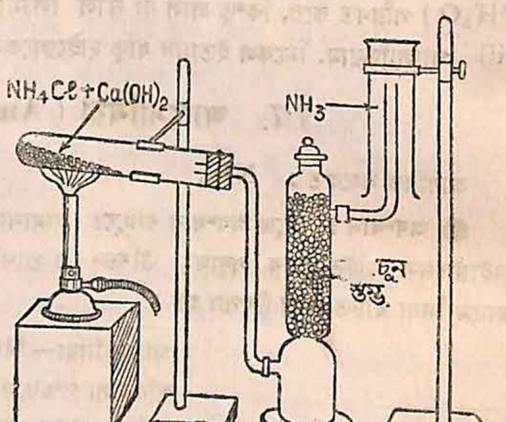
● **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :**

● **নীতি :** সাধারণত নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে কলিচুন [$Ca(OH)_2$] বা পোড়াচুন (CaO) মিশিয়ে উত্তপ্ত ক'রে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম অক্সাইড ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া জল

$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3\uparrow + CaCl_2 + H_2O$$
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম অক্সাইড অ্যামোনিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জল

● **পদ্ধতি :** একভাগ ওজনের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত তিন ভাগ ওজনের শুষ্ক কলিচুন ভালভাবে মিশিয়ে মিশ্রণকে একটি শক্ত কাচের পরীক্ষা-নলে নেওয়া হয়। পরীক্ষা নলকে একটি স্ট্যান্ডের সঙ্গে বন্ধনীর সাহায্যে আটকানো হয় (চিত্র 143)। পরীক্ষা নলের মুখে সছিদ্র কর্কের মধ্য দিয়ে একটি নল আটকানো হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্তকে একটি পোড়া চুন ভরা স্তম্ভের (lime tower) নীচের দিকে আটকানো হয়। চুন স্তম্ভের উপর দিকে একটি দ্বিতীয় নির্গম নল থাকে। এই দ্বিতীয় নলের উপর একটি শুষ্ক গ্যাসজার উপুড় ক'রে বসিয়ে ইহাকে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে স্ট্যান্ডের সঙ্গে আটকানো হয়। এবার পরীক্ষা-নলের মিশ্রণকে বুনসেন দীপের সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত ক'রলে অ্যামোনিয়া গ্যাস



চিত্র 143 : অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

নির্গত হয়। এই নির্গত গ্যাসে জলীয় বাষ্প মিশে থাকে। এই জলীয় বাষ্প মিশ্রিত অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গম নলের ভিতর দিয়ে চুন স্তম্ভের মধ্যে প্রবেশ করে। চুনের মধ্য দিয়ে যাবার সময় অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে মিশে থাকা জলীয় বাষ্প চুন দ্বারা শোষিত হয়। চুন স্তম্ভের উপরের নির্গম নল দিয়ে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস বেরিয়ে বায়ুর নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়, কারণ অ্যামোনিয়া বায়ুর চেয়ে হাল্কা।

একটি ভিজে লাল লিটমাস কাগজ গ্যাস জারের মুখে ধ'রলে ঐ কাগজ যদি নীল হ'য়ে যায় তাহ'লে বুঝতে হবে যে, ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হ'য়েছে। এবার কাচের চাকতি দ্বারা মুখ বন্ধ ক'রে গ্যাস জারকে টেবিলে রাখা হয়।

অ্যামোনিয়া গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4, অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড (P_2O_5) দ্বারা শুষ্ক করা যায় না, কারণ ইহারা অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ (অ্যামোনিয়াম সালফেট)

$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4$ (অ্যামোনিয়াম ফসফেট)

$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$ (অ্যামোনিয়েট যৌগ)

7·8. অ্যামোনিয়ার ধর্ম (Properties of ammonia) :

● ভৌত ধর্ম : (i) অ্যামোনিয়া ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহা বায়ুর তুলনায় হাল্কা ও জলে খুব বেশি দ্রাব্য। (iii) ইহাকে সহজে তরলে পরিণত করা যায়। (iv) অতিশীতল অবস্থায় ($-79°C$) ইহা বরফের ন্যায় কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। (v) 1 c.c. জলে 1200 c.c. অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করা যায়। তাই জলের মধ্যে অ্যামোনিয়া পাঠালে ইহা বুদ্‌বুদ্ আকারে নির্গত হয় না।

● পরীক্ষা : একটি বায়ু পূর্ণ গ্যাস জারকে একটি অ্যামোনিয়া পূর্ণ গ্যাস জারের মুখের উপর উপুড় ক'রে বসিয়ে ঢাকনি সরানো হয়। কিছু সময় পরে উপরের গ্যাস জারের মুখে ভিজে লাল লিটমাস কাগজ ধ'রলে ইহা নীল হ'য়ে যায়। অ্যামোনিয়া বায়ুর চেয়ে হাল্কা হওয়ায় নীচের গ্যাস জার থেকে উপরের গ্যাস জারে চলে যায়।

● রাসায়নিক ধর্ম : (1) অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে **'লাইকার অ্যামোনিয়া'** (liquor ammonia) বলে। অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হ'য়ে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠন করে। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড **একটি মৃদু ক্ষার।** ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$NH_3 + H_2O = NH_4OH$
(অ্যামোনিয়া + জল = অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$
(অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড + জল)

$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$
(অ্যামোনিয়াম সালফেট)

NH_4OH ধাতব লবণের দ্রবণ থেকে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$

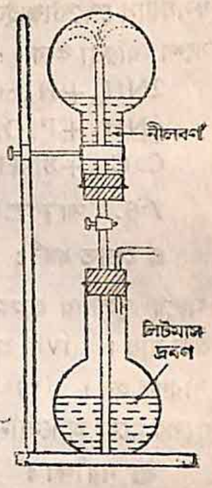
$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$

লাল লিটমাস দ্রবণে অ্যামোনিয়া গ্যাস পাঠালে দ্রবণের বর্ণ নীল হয়। কারণ ইহার জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) গঠিত হয়।

● ঝরণা পরীক্ষা (Fountain experiment) :

অ্যামোনিয়া জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। এই জলীয় দ্রবণ ক্ষার ধর্মী। নীচের পরীক্ষা থেকে ইহা বোঝা যায়।

একটি শুষ্ক গোলতল ফ্লাস্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়। ইহার মুখে অবস্থিত সছিদ্র কর্কের মধ্য দিয়ে একটি স্টপকক্ যুক্ত নল প্রবেশ করানো হয়। একটি বড় ফ্লাস্কে লাল লিটমাস মেশানো জল নেওয়া হয়। ঐ গোলতল ফ্লাস্ককে উল্টিয়ে কাচনলের বাইরের প্রান্তকে লিটমাস দ্রবণে ডুবিয়ে ইহাকে দণ্ডের সঙ্গে আটকানো হয় (চিত্র 144)। এই অবস্থায় গোলতল ফ্লাস্কের উপর ইথার ঢাললে ইহা ঠাণ্ডা হয়। ফলে এই ফ্লাস্কের ভিতরে অ্যামোনিয়া গ্যাসের সংকোচন ঘটে ও চাপের হ্রাস হয়। এখন স্টপকক্ খুলে দিলে লিটমাস দ্রবণ নলের মধ্য দিয়ে গোলতল ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। ফ্লাস্কের অ্যামোনিয়া এই জলে দ্রবীভূত হওয়ায় ইহাতে শূন্যতার সৃষ্টি হয় এবং বায়ুর চাপে নীচের ফ্লাস্কের লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ফোয়ারার মত গোলতল ফ্লাস্কে প্রবেশ করে ও নীল হ'য়ে যায়।



চিত্র 144

(2) অ্যামোনিয়া অপরকে দহনে সাহায্য করে না, কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে নিজে হলুদ শিখাসহ জ্বলে। অ্যামোনিয়া অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে নাইট্রোজেন ও জল গঠন করে।

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

একটি চওড়া দুমুখ খোলা নলের নীচের দিক বন্ধ করে দু'টি সরু বাঁকানো কাচনল কর্কের মধ্য দিয়ে আটকানো হয়। নল দ্বয়ের একটি অপেক্ষাকৃত বেশি লম্বা। লম্বা নলের ভিতর দিয়ে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হয় এবং অপর নল দিয়ে অক্সিজেন গ্যাস চালনা করা হয়। ছোট নলের মুখে কিছু গ্যাস উল রাখা হয়। লম্বা নলের মুখে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসে আগুন ধরালে ইহা হলুদ শিখাসহ জ্বলে।

(3) 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়ে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা ক'রলে সোডামাইড উৎপন্ন হয় ও হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2Na + 2NH_3 = H_2 + \underset{\text{সোডামাইড}}{2NaNH_2}$$

(4) অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী। ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ [অ্যামোনিয়াম সালফেট]

$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$ [অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট]

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$ [অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড]

(5) বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় অ্যামোনিয়াকে 700°C উষ্ণতায় প্লাটিনাম তারজালির মধ্য দিয়ে চালনা ক'রলে অ্যামোনিয়া **জারিত হ'য়ে** নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে,

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) গঠন করে। $2NO+O_2=2NO_2$। এই নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডকে জলের মধ্যে পাঠালে নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ও নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2) গঠিত হয়।

$$2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2$$

(6) ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া **জারিত হ'য়ে** নাইট্রোজেনে পরিণত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয়।

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$

অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া থাকলে উৎপন্ন HCl ইহার সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

$$NH_3+HCl=NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম থাকলে, ক্লোরিনের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$$

(7) **বিজারণ ধর্ম :** সাধারণ ভাবে অ্যামোনিয়ার বিজারণ ক্ষমতা নেই। তবে অ্যামোনিয়া উচ্চ উষ্ণতায় CuO, PbO ইত্যাদিকে বিজারিত করে।

$$3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$$

(8) স্বাভাবিক অবস্থায় অ্যামোনিয়া স্থায়ী যৌগ। কিন্তু 1000°C উষ্ণতায় ইহা বিয়োজিত হ'য়ে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NH_3=N_2+3H_2$$

7·9. অ্যামোনিয়ার ব্যবহার (Uses of ammonia) :

(i) অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট, ইউরিয়া ইত্যাদি সার প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) সোডিয়াম কার্বনেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (iii) রসায়নাগারে বিজারকরূপে ও চিকিৎসায় অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (iv) কৃত্রিম রেশম, রং ও প্লাস্টিক শিল্পে এবং বরফ তৈরিতে হিমকারক হিসেবে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (v) স্মেলিং সল্ট বা গন্ধী লবণ হিসেবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (vi) বিস্ফোরক উৎপাদনে ইহার ব্যবহার আছে।

7·10. অ্যামোনিয়ার সনাক্তকরণ :

(i) অ্যামোনিয়ার বিশেষ ধরনের ঝাঁঝালো গন্ধ আছে। (ii) অ্যামোনিয়া লাল

লিটমাসকে নীল করে। (iii) HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন NH_4Cl সাদা ধোঁয়া তৈরি করে। (iv) নেস্‌লার দ্রবণ সামান্য অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে তামাটে হয়।

7·11. কার্বন ডাইঅক্সাইড (Carbon dioxide)

আণবিক সংকেত : CO_2 আণবিক ওজন : 44

● **অবস্থান :** বায়ুতে কার্বন ডাইঅক্সাইড আছে। বায়ুতে ইহার পরিমাণ শতকরা 0·03 ভাগ। জীবজন্তুর নিশ্বাস থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড নির্গত হয়। কাঠ, খড়, কয়লা ইত্যাদি জৈব পদার্থের দহনে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হ'য়ে বায়ুতে মেশে। ইহা যৌগিক অবস্থায় মার্বেল পাথর, চুনা পাথর ইত্যাদিতে ক্যালসিয়াম কার্বনেট হিসেবে থাকে।

$CaCO_3 + HCl$ —সাধারণ উষ্ণতা→

$MgCO_3$ —তাপ→

কার্বন ডাইঅক্সাইড —CO_2 বর্ণহীন, মৃদু গন্ধ ও অম্ল-স্বাদ যুক্ত, বায়ুর চেয়ে প্রায় দেড় গুণ ভারী, জলে দ্রাব্য গ্যাস

$+H_2O \rightarrow$ কার্বনিক অ্যাসিড

$+Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

$+C \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{উচ্চ}} CO$

$+ZnCl_2 + H_2O \rightarrow ZnCO_3 + HCl$

● **প্রস্তুতি :** কার্বনকে অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে দহন ক'রলে কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যায় : $C + O_2 = CO_2$। সোডিয়াম কার্বনেট, পটাসিয়াম কার্বনেট ছাড়া কতকগুলি কার্বনেট ও বাইকার্বনেট তাপে বিয়োজিত হ'য়ে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$MgCO_3 = MgO + CO_2\uparrow \; ; \; CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O.$$

● **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :**

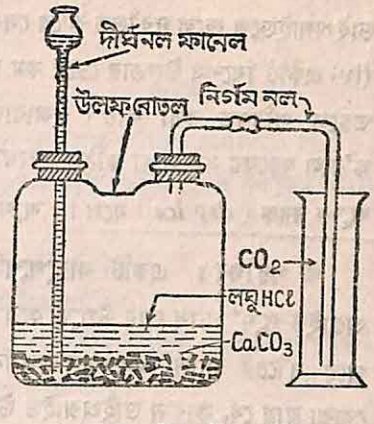
অন্যান্য কার্বনেট থেকেও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যায়। যেমন,

$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$ ইত্যাদি।

● **নীতি :** সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বনেট বা মার্বেলের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা পরীক্ষাগারে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$CaCO_3$	+	$2HCl$	=	$CaCl_2$	+	CO_2	+	H_2O
ক্যালসিয়াম কার্বনেট		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড		কার্বন ডাইঅক্সাইড		জল

● পদ্ধতি ঃ একটি দীর্ঘনল ফানেল ও একটি নির্গম নল যুক্ত উল্‌ফ বোতলের (Woulf's bottle) মধ্যে কিছু মার্বেল পাথরের ($CaCO_3$) ছোট টুকরো নিয়ে জল ঢেলে ডুবিয়ে রাখা হয় (চিত্র 145)। দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত জলে ডুবে থাকে এবং নির্গম নল কর্কের শেষ প্রান্ত পর্যন্ত থাকে। নির্গম নলের অপর প্রান্তকে একটি খাড়াভাবে দাঁড় করানো খালি গ্যাস জারের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করানো হয় (চিত্র 145)।



কার্বন ডাইঅক্সাইড প্রস্তুতি
চিত্র 145

এবার দীর্ঘনল ফানেল দিয়ে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উল্‌ফ বোতলে ঢালা হয়। আসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসামাত্র বুদবুদের আকারে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস নির্গত হ'তে শুরু করে। এই গ্যাস নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। ইহা বায়ুর চেয়ে প্রায় দেড়গুণ ভারী হওয়ায় বায়ুর ঊর্ধ্ব-অপসারণ (upward displacement) দ্বারা গ্যাস জারে সঞ্চিত হয়। গ্যাসজারের মুখে ধরা একটি জ্বলন্ত কাঠি যদি সঙ্গে সঙ্গে নিভে যায় তাহ'লে বুঝতে হবে যে, ইহা কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস পূর্ণ হ'য়েছে। এই অবস্থায় গ্যাসজারের মুখ কাচের চাকতি দিয়ে বন্ধ করা হয়।

পরীক্ষাগারে কার্বন ডাইঅক্সাইড প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। কারণ, প্রথমে মার্বেলের সংগে সালফিউরিক অ্যাসিডের কিছুটা বিক্রিয়া হবার পর উৎপন্ন অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট মার্বেলের উপর জমে বিক্রিয়া বন্ধ ক'রে দেয়।

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম সালফেট}}{CaSO_4} + CO_2 + H_2O$$

● বিশুদ্ধিকরণ ঃ পরীক্ষাগারে উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইডের সংগে জলীয় বাষ্প ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। তাই এই গ্যাসকে প্রথমে সোডিয়াম বাই কার্বনেট দ্রবণ ও পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে পাঠিয়ে যথাক্রমে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্প ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস পারদের নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

$$\underset{\text{সোডিয়াম বাইকার্বনেট}}{NaHCO_3} + \underset{\text{হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড}}{HCl} = \underset{\text{সোডিয়াম ক্লোরাইড}}{NaCl} + \underset{\text{কার্বন ডাইঅক্সাইড}}{CO_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

7·12. কার্বন ডাইঅক্সাইডের ধর্ম (Properties of carbon dioxide) ঃ

● ভৌত ধর্ম ঃ (i) কার্বন ডাইঅক্সাইড বর্ণহীন, মৃদু গন্ধ ও অম্ল স্বাদ যুক্ত গ্যাস। (ii) বায়ুর চেয়ে এই গ্যাস প্রায় দেড়গুণ ভারী। (iii) ইহা জলে

দ্রাব্য। চাপ বাড়লে ইহার দ্রাব্যতা বাড়ে। অতিরিক্ত চাপে বেশি পরিমাণ কার্বন ডাইঅক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত ক'রে সোডা ওয়াটার, লেমনেড ইত্যাদি তৈরী করা হয়। (iv) একটি বিশেষ উষ্ণতার চেয়ে কম উষ্ণতায় চাপ প্রয়োগ ক'রে কার্বন ডাইঅক্সাইডকে তরলে পরিণত করা যায়। আবার তরল কার্বন ডাইঅক্সাইডকে দ্রুত বাষ্পীভূত ক'রলে বরফের মত সাদা কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়। এই কঠিন কার্বন ডাইঅক্সাইডকে **শুষ্ক বরফ** (*dry ice*) বলে। শুষ্ক বরফ হিমায়করূপে ব্যবহৃত হয়।

● **পরীক্ষা :** একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাস জারের মুখের উপর একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস জার উপুড় করে বসিয়ে ঢাকনি সরিয়ে নেওয়া হয়। কিছু সময় পরে নীচের গ্যাস জারে চুন জল নিয়ে ঝাঁকালে চুন জল সাদা হ'য়ে যায়। কাজেই বোঝা যায় যে, কার্বন ডাইঅক্সাইড উপরের গ্যাস জার থেকে নীচের গ্যাস জারে চলে আসে। সুতরাং কার্বন ডাইঅক্সাইড বায়ুর চেয়ে ভারী।

● **অগ্নি নির্বাপক :** একটি সরু মুখ ধাতব পাত্রে Na_2CO_3 পাউডার রাখা হয়। ইহার মধ্যস্থিত একটি কাচ নলে লঘু H_2SO_4 রাখা হয়। ইহার সহিত একটি হাতল আটকানো থাকে। এই হাতলে চাপ দিলে কাচ নল ভেঙে অ্যাসিড ও সোডার মিশ্রণে CO_2 উৎপন্ন হয় ও সরু মুখ দিয়ে বেরিয়ে আসে। এই নির্গত গ্যাসকে আগুনের দিকে ধ'রলে আগুন নিভে যায়। অফিস, ফ্যাক্টরী, ল্যাবরেটরী ইত্যাদিতে এইরূপ যন্ত্র রাখা হয়।

● **রাসায়নিক ধর্ম :** (i) কার্বন ডাইঅক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অন্য কোন বস্তুকে দহনে সাহায্যও করে না। কার্বন ডাইঅক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত



চিত্র 146



চিত্র 147

মোমবাতি প্রবেশ করালে উহা নিভে যায় (চিত্র 146)। কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বন ডাইঅক্সাইডে জ্বলতে থাকে—এইগুলির জ্বলনের সময় এত বেশি

তাপ উৎপন্ন হয় যে কার্বন ডাইঅক্সাইড ভেঙে কার্বন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় (চিত্র 147)। এই অক্সিজেনই দহনে সাহায্য করে।

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, কার্বন

$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$
পটাসিয়াম কার্বনেট, কার্বন

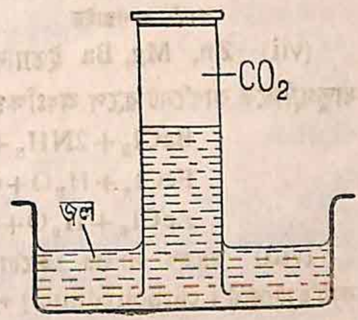
এই পরীক্ষা দ্বারা কার্বন ডাইঅক্সাইডের মধ্যে কার্বনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

(ii) কার্বন ডাইঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ **অ্যাসিডধর্মী**। ইহা জলে দ্রবীভূত হ'য়ে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
কার্বনিক অ্যাসিড

এই অ্যাসিড বাই কার্বনেট [$NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$ ইত্যাদি] এবং কার্বনেট [Na_2CO_3, $CaCO_3$ ইত্যাদি] দুই ধরনের লবণ গঠন করে।

● **পরীক্ষা ঃ** একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাস জারে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি রেখে কার্বন ডাইঅক্সাইড পূর্ণ অপর একটি গ্যাসজারকে প্রথম গ্যাস জারের মুখের উপর উপুড় ক'রে বসালে মোমবাতি নিভে যায়। উপরের গ্যাস জার থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড নীচের গ্যাস জারের বায়ু অপসারিত ক'রে নেমে এসে মোমবাতি নিভিয়ে দেয়। কাজেই কার্বন ডাইঅক্সাইড বায়ুর চেয়ে ভারী, ইহা দহনের সহায়ক নয়।



চিত্র 148

● **পরীক্ষা ঃ** কার্বন ডাইঅক্সাইড পূর্ণ গ্যাস জারে কিছু জল নিয়ে ঝাঁকানো হয় এবং তারপর জারকে জলের মধ্যে উপুড় ক'রে বসিয়ে ঢাকনি সরানো হয় (চিত্র 148)। জারে ধীরে ধীরে জল প্রবেশ করে। জলে কার্বন ডাইঅক্সাইড দ্রবীভূত হ'য়ে গ্যাসজারে শূন্যতা সৃষ্টি করে, তাই গ্যাস জারে জল প্রবেশ করে।

(iii) CO_2 **ক্ষারের সঙ্গে কার্বনেট** গঠন করে।

(a) $$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
দ্রাব্য সোডিয়াম কার্বনেট

CO_2 অতিরিক্ত থাকলে প্রায় অদ্রাব্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$
সোডিয়াম বাই কার্বনেট

(b) $$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$

CO_2 ক্ষারীয় অক্সাইডের সঙ্গে কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$Na_2O+CO_2=Na_2CO_3\ ;\ CaO+CO_2=CaCO_3$$

(iv) স্বচ্ছ চুন জলে CO_2 গ্যাস পাঠালে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। তাই স্বচ্ছ জল ঘোলা হয়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=H_2O+\underset{\text{অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3}$$

(v) অতিরিক্ত CO_2 গ্যাস চুন জলে পাঠালে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত হয়। ফলে ঘোলা চুন জল আবার স্বচ্ছ হয়।

$$CaCO_3+CO_2+H_2O=\underset{\text{দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2}$$

এই দ্রবণকে ফোটালে আবার ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং চুন জলও আবার ঘোলা হয়। $Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+CO_2+H_2O$

(vi) লোহিত তপ্ত কার্বন, জিংক ইত্যাদি দ্বারা কার্বন ডাইঅক্সাইড বিজারিত হ'য়ে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$CO_2+C=\underset{\text{কার্বন মনোক্সাইড}}{2CO}$ (প্রায় 1000°C উষ্ণতায়) $CO_2+Zn=\underset{\text{জিংক অক্সাইড}}{ZnO}+CO$

(vii) Zn, Mg, Ba ইত্যাদি ধাতুর লবণের ক্ষারীয় দ্রবণ থেকে CO_2 ধাতুগুলিকে কার্বনেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$BaCl_2+2NH_3+H_2O+CO_2=BaCO_3+2NH_4Cl$$

$$FeCl_2+H_2O+CO_2=FeCO_3\downarrow+2HCl$$

$$ZnCl_2+H_2O+CO_2=ZnCO_3\downarrow+2HCl$$

(viii) গাছের পাতার ক্লোরোফিল সূর্যালোকে জল ও কার্বন ডাইঅক্সাইডকে কার্বহাইড্রেটে (carbohydrate) পরিণত করে এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই পদ্ধতিকে সালোক সংশ্লেষ (photo-synthesis) বলে।

7·13. কার্বন ডাইঅক্সাইডের ব্যবহার (Uses of carbon dioxide) :

(i) সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতিতে কার্বন ডাইঅক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (ii) হিমকারক ও অগ্নি নিবারক হিসেবে, (iii) সোডাওয়াটার ও বেকিং পাউডার প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। সোডাওয়াটার কার্বন ডাইঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ। ইহাতে বর্ধিত চাপে বেশি CO_2 গ্যাস দ্রবীভূত থাকে।

7·14. কার্বন ডাইঅক্সাইডের সনাক্তকরণ :

(i) স্বচ্ছ চুন জলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস চালনা ক'রলে চুন জল প্রথমে ঘোলা হয় এবং পরে অতিরিক্ত CO_2 চালনা ক'রলে ইহা আবার স্বচ্ছ হয়। (ii) কার্বন ডাইঅক্সাইডের উপস্থিতিতে আগুন নিভে যায়।

7·15. হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (Hydrogen Sulphide or Sulphuretted Hyrdogen) ঃ

আণবিক সংকেত ঃ H_2S আণবিক ওজন ঃ 34

● **অবস্থান ঃ** আগ্নেয়গিরি থেকে নির্গত গ্যাসের মধ্যে, অনেক প্রস্রবণের জলে হাইড্রোজেন সালফাইড মিশ্রিত থাকে। সালফার যুক্ত জৈব পদার্থের পচনের ফলে এই গ্যাস উৎপন্ন হয়। বায়ুর মধ্যে এই গ্যাস সামান্য পরিমাণে থাকে।

$FeS + H_2SO_4$ (লঘু) —সাধারণ উষ্ণতা→

$Na_2S + H_2SO_4$ (লঘু) ——→

হাইড্রোজেন সালফাইড —H_2S পচাডিমের মত গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন বায়ুর তুলনায় ভারী, ঠান্ডা জলে দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে অদ্রাব্য গ্যাস

$+ Pb \rightarrow PbS + H_2$

$+ FeCl_3 \rightarrow FeCl_2 + HCl + S$

$+ H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O + S$

$+ KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + S$

$+ I_2 \rightarrow HI + S$

$+ CuSO_4 \rightarrow CuS + H_2SO_4$

$+ NaOH \rightarrow Na_2S + H_2O$

● **প্রস্তুতি ঃ** ফুটন্ত সালফারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস পাঠালে অথবা হাইড্রোজেন ও সালফার বাষ্পের মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত পিউমিস স্টোন ভর্তি নলের মধ্যে চালনা ক'রলে কিছুটা হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + S = H_2S \uparrow$$

ধাতব সালফাইডের সঙ্গে লঘু H_2SO_4 বা লঘু HCl বিক্রিয়া ক'রে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে। অ্যান্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) কে গাঢ় HCl এর সঙ্গে ফোটাতে হয়।

$$Na_2S + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2S \uparrow$$

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S \uparrow$$

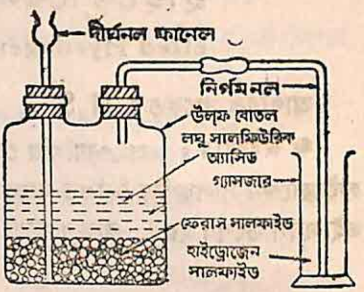
$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S \uparrow$$

● **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ**

● **নীতি ঃ** সাধারণ উষ্ণতায় ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

FeS	+	H_2SO_4	=	$FeSO_4$	+	$H_2S \uparrow$
ফেরাস সালফাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		ফেরাস সালফেট		হাইড্রোজেন সালফাইড

● **পদ্ধতি ঃ** একটি উলফ্ বোতলে কিছু ফেরাস সালফাইডের টুকরো নেওয়া হয় (চিত্র 149)। বোতলের এক মুখে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও অপর মুখে একটি নির্গম নল সছিদ্র কর্কের মধ্য দিয়ে আটকানো হয়। দীর্ঘনল ফানেলে জল ঢেলে ইহার শেষ প্রান্তকে জলে ডোবানো হয়। নির্গম নলের বাইরের প্রান্তকে খাড়াভাবে রাখা গ্যাসজারের তলদেশ পর্যন্ত প্রবেশ করানো হয়। এরপর ফানেলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস বায়ুর তুলনায় ভারী হওয়ায় বায়ুর উর্ধ্ব-অপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সঞ্চিত হয়।



চিত্র 149

● **বিশুদ্ধিকরণ ঃ** উলফ্ বোতলে উৎপন্ন H_2S গ্যাসে হাইড্রোজেন, জলীয় বাষ্প ও সামান্য অ্যাসিড বাষ্প মিশে থাকে। প্রথমে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের (NaHS) সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়ে এবং পরে অনার্দ্র ফসফরাস পেন্টোকসাইডের (P_2O_5) মধ্য দিয়ে গ্যাসকে চালনা ক'রলে ইহা অ্যাসিড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত হয়। তারপর এই শুষ্ক গ্যাসকে কঠিন কার্বন ডাইঅক্সাইড (শুষ্ক বরফ) দ্বারা ঠান্ডা ক'রলে H_2S গ্যাস তরলে পরিণত হয় এবং H_2 গ্যাস বেরিয়ে যায়। তরল H_2S কে সাধারণ উষ্ণতায় আনলে বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যায়।

●● **বিঃ দ্রঃ** ঘন H_2SO_4 বা অনার্দ্র $CaCl_2$ দ্বারা H_2S গ্যাসকে শুষ্ক করা যায় না, কারণ ঘন H_2SO_4 দ্বারা H_2S জারিত হ'য়ে SO_2 এবং S উৎপন্ন করে, $CaCl_2$ এর সঙ্গে H_2S ক্যালসিয়াম সালফাইড উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + \underset{\text{সালফার ডাইঅক্সাইড}}{SO_2} + \underset{\text{সালফার}}{S}$$

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড}}{CaCl_2} + H_2S = \underset{\text{ক্যালসিয়াম সালফাইড}}{CaS} + 2HCl$$

পরীক্ষাগারে ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। কিন্তু ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করা যায় না, কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড গঠিত হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত ক'রে সালফার উৎপন্ন করে।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S\downarrow$$

● **কিপ-যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি ঃ**

প্রয়োজন অনুযায়ী হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়ার জন্য পরীক্ষাগারে কিপ্‌যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

কিপ্-যন্ত্রে দু'টি অংশ থাকে। নীচের অংশে একটি অর্ধগোলক ও একটি গোলক একসঙ্গে যুক্ত থাকে। উপরের অংশে একটি দীর্ঘনল যুক্ত গোলক থাকে। উপরের অংশ নীচের অংশের গোলকের মুখে বায়ুনিরুদ্ধ ভাবে বসানো থাকে। দীর্ঘ নলের শেষ প্রান্ত অর্ধগোলকের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পেঁছায়। মাঝের গোলকের গায়ে একটি স্টপকক্ যুক্ত নির্গম নল আটকানো থাকে। নীচের অর্ধ-গোলকের গায়েও একটি বহির্দ্বার থাকে। উপরের গোলকের মুখে একটি ফানেল লাগানো থাকে (চিত্র 150)।



চিত্র 150

মাঝের গোলকে ফেরাস সালফাইডের (FeS) টুকরো নেওয়া হয়। উপরের ফানেলের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) এমন পরিমাণে ঢালা হয় যাতে নীচের অর্ধগোলক পূর্ণ হ'য়েমাঝের গোলকে রাখা ফেরাস সালফাইডের টুকরো অ্যাসিডে ডুবে যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসামাত্রই বিক্রিয়া শুরু হয় এবং হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। প্রথমে বায়ু ও পরে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। স্টপকক্ বন্ধ ক'রলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস বাইরে আসতে পারে না। ফলে এই গ্যাসের চাপে সালফিউরিক অ্যাসিড মাঝের গোলক থেকে নীচের অর্ধগোলকে নেমে যায় এবং দীর্ঘনল বেয়ে উপরের গোলকে জমা হয়। ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শ থেকে অ্যাসিড সরে গেলে বিক্রিয়া বন্ধ হয় এবং হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসও আর উৎপন্ন হয় না। কিন্তু স্টপকক্ খুললেই হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়। কারণ স্টপকক্ খুললে গোলকের সঞ্চিত গ্যাস বেরিয়ে আসে। আবার এই গ্যাস বেরিয়ে আসায় অ্যাসিডের উপর চাপ কমে এবং অ্যাসিড মাঝের গোলকে এসে ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে। কাজেই কিপ-যন্ত্র থেকে প্রয়োজন অনুযায়ী হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে কিপ্-যন্ত্রে হাইড্রোজেন এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসও প্রস্তুত করা হয়।

(a) **হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :** কিপ্ যন্ত্রে এই গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য নির্গম নল যুক্ত মাঝের গোলকে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক দানা ও তৃতীয় গোলকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড জমা হয়। এই অ্যাসিড মাঝের গোলকে এসে জিঙ্ক দানার সংস্পর্শে হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী করে। নির্গম নল খুললে এই গ্যাস বেরিয়ে আসে। নির্গম নল বন্ধ ক'রলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপে মাঝের গোলক থেকে

অ্যাসিড প্রথম গোলকে উঠে যায়। ইহার দরুন জিংক ও অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় ও হাইড্রোজেন উৎপাদন বন্ধ হয়।

(b) **কার্বন ডাইঅক্সাইড প্রস্তুতি :** কিপ্ যন্ত্রে এই গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য মাঝের গোলকে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) অর্থাৎ মার্বেল-পাথর কুচি ও তৃতীয় গোলকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড রাখা হয়। গ্যাস উৎপাদন ও বন্ধ করার পদ্ধতি হাইড্রোজেন গ্যাস বা হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পদ্ধতির অনুরূপ।

7·16. হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম (Properties of hydrogen sulphide) :

● **ভৌত ধর্ম :** (i) হাইড্রোজেন সালফাইড পচা ডিমের মত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহা বায়ুর তুলনায় ভারী এবং বিষাক্ত। (iii) ঠাণ্ডা জলে এই গ্যাস দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে অদ্রাব্য। (iv) চাপ ও ঠাণ্ডা প্রয়োগে ইহাকে তরলে পরিণত করা যায়।

● **রাসায়নিক ধর্ম :** (i) হাইড্রোজেন সালফাইড অন্য পদার্থকে দহনে সাহায্য করে না, কিন্তু নিজে দাহ্য। ইহা অক্সিজেন বা বায়ুর মধ্যে নীল শিখায় জ্বলে এবং সালফার ডাইঅক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে। $2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2\uparrow$

বায়ু বা অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকলে সালফার ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S\downarrow$$

(ii) হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ **অ্যাসিডধর্মী**। ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$2NaOH+H_2S=\underset{\text{সোডিয়াম সালফাইড}}{Na_2S}+2H_2O$$

$$NaOH+H_2S=\underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইড}}{NaHS}+H_2O$$

(iii) হাইড্রোজেন সালফাইড অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে ধাতব সালফাইড উৎপন্ন করে। ইহা সোনা ও প্লাটিনামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

$$2Ag+H_2S=\underset{\text{সিলভার সালফাইড}}{Ag_2S}+H_2$$

$$Pb+H_2S=\underset{\text{লেড সালফাইড}}{PbS}+H_2$$

$$Sn+H_2S=\underset{\text{স্ট্যানাস সালফাইড}}{SnS}+H_2$$

নিকেল ও সিলভারের জিনিসপত্র H_2S এর বিক্রিয়ায় কালো হ'য়ে যায়, কারণ এই জিনিসগুলির উপর কালো সালফাইডের আস্তরণ পড়ে।

(iv) **বিজারণ ধর্ম :** হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিজারক। ইহা অন্য পদার্থকে **বিজারিত** করে এবং নিজে **জারিত** হ'য়ে সালফারে পরিণত হয়।

ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিন মিশ্রিত জলে H_2S পাঠালে হ্যালোজেন মৌলগুলি বিজারিত হ'য়ে যথাক্রমে HCl, HBr ও HI উৎপন্ন করে।

$$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S \downarrow$$
$$Br_2 + H_2S = 2HBr + S \downarrow$$
$$I_2 + H_2S = 2HI + S \downarrow$$

● **পরীক্ষা :** রঙিন ব্রোমিন জলে হাইড্রোজেন সালফাইড পাঠানো হয়। ব্রোমিন জল বর্ণহীন হয় ও সাদা সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড ব্রোমিনকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফারে জারিত হয়।

হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে H_2S পাঠালে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হ'য়ে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S \downarrow$$

● **পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষা নলে হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ নিয়ে ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড পাঠানো হয়। দ্রবণের হলুদবর্ণ লোপ পায় এবং সাদা সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফারে জারিত হয়।

H_2S ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ডাইঅক্সাইডে বিজারিত করে নিজে সালফারে জারিত হয়।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$
$$H_2SO_4 + H_2S = SO_2 + 2H_2O + S$$

বেগুনি বর্ণের অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে H_2S পাঠালে $KMnO_4$ সালফেটে পরিণত হয় এবং ইহা বর্ণহীন হয়।

$$\underset{\text{পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট}}{2KMnO_4} + 3H_2SO_4 + 5H_2S = \underset{\text{পটাসিয়াম সালফেট}}{K_2SO_4} + \underset{\text{ম্যাঙ্গানাস সালফেট}}{2MnSO_4} + 8H_2O + \underset{\text{সালফার}}{5S \downarrow}$$

অ্যাসিড মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে H_2S পাঠালে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয় ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S \downarrow$$

জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে ইহা সালফার ডাইঅক্সাইডকে সালফারে বিজারিত করে।

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S \downarrow$$

(v) বিভিন্ন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পাঠালে বিভিন্ন বর্ণের বিভিন্ন ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। বর্ণের সাহায্যে অনেক ধাতব সালফাইডকে সনাক্ত করা যায়। তাই পরীক্ষাগারে বিভিন্ন অজৈব লবণের সনাক্তকরণে হাইড্রোজেন সালফাইড বিকারক (*reagent*) হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

সাদা বর্ণের সোডিয়াম সালফাইড

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

কপার সালফেট — কালো বর্ণের কপার সালফাইড

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

জিঙ্ক সালফেট — সাদা বর্ণের জিঙ্ক সালফাইড

$$FeSO_4 + H_2S = FeS + H_2SO_4$$

ফেরাস সালফেট — কালো বর্ণের ফেরাস সালফাইড

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

লেড নাইট্রেট — কালো বর্ণের লেড সালফাইড

$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 \text{ (কমলা বর্ণের)} + 6HCl$$

● **পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষা নলে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ নিয়ে উহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড পাঠানো হয়। কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা কিউপ্রিক সালফাইড।

● **পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষা নলে জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণ নিয়ে ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড পাঠানো হয়। সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

7·17. হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার (Uses of hydrogen sulphide) :

পরীক্ষাগারে বিজারকরূপে ও ধাতব মূলকের সনাক্তকরণে হাইড্রোজেন সালফাইড ব্যবহৃত হয়।

7·18. হাইড্রোজেন সালফাইডের সনাক্তকরণ :

(i) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে-সিক্ত ব্লটিং পেপার H_2S গ্যাসে ধ'রলে কালো হ'য়ে যায়। (ii) অ্যাসিড মেশানো কমলা বর্ণের $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে H_2S চালনা ক'রলে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। (iii) অ্যাসিড মেশানো বেগুনি বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণে H_2S চালনা ক'রলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। (iv) এই গ্যাসে পচা ডিমের গন্ধ পাওয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1. পরীক্ষাগারে কিভাবে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়? অক্সিজেনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি লেখ।
2. জিঙ্কের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসের নাম কি? এই গ্যাসকে পরীক্ষাগারে কিরূপে প্রস্তুত করা যায়? ইহার প্রধান প্রধান রাসায়নিক ধর্মগুলি লেখ।
3. পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন ডাইঅক্সাইড প্রস্তুত করা যায়? কার্বন ডাইঅক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পর্কে যা জান লেখ।
4. পরীক্ষাগারে সালফার ডাইঅক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? এই গ্যাসের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি আলোচনা কর।

5. (a) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই গ্যাস বিজারক হিসেবে ব্যবহৃত হয় কেন? [M. Exam. 1982]

(b) (i) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুত ক'রবার জন্য প্রয়োজনীয় বিক্রিয়া-গুলির নাম লেখ। (ii) সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি একটি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর। (iii) হাইড্রোজেন সালফাইডে গন্ধকের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ ক'রবে? [M. Exam. 1984]

6. সাধারণত পরীক্ষাগারে প্রস্তুত গ্যাস শুষ্ক করার কাজে ব্যবহৃত হয় এমন চারটি পদার্থের নাম লেখ। অ্যামোনিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করার জন্য সাধারণত কি ব্যবহার করা হয়? H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না কেন?

7. লাইকার অ্যামোনিয়া কাকে বলে? কিভাবে বোঝা যায় যে, অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষার ধর্মী না অ্যাসিড ধর্মী?

8. পরীক্ষাগারে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন? পরীক্ষাগারে প্রস্তুত কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসকে কিভাবে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়? চুন জলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস পাঠালে ইহা ঘোলা হয় কেন?

9. একটি জারে কার্বন ডাইঅক্সাইড বা সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস আছে। এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর যার সাহায্যে গ্যাসটিকে সনাক্ত করা যায়।

10. নীচের বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লেখ:

(i) হাইড্রোজেন গ্যাসে ক্যালসিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করা হ'ল।
(ii) জ্বলন্ত সালফার অক্সিজেন জারে প্রবেশ করানো হ'ল।
(iii) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস পাঠানো হ'ল।
(iv) চুন জলে অতিরিক্ত কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস পাঠানো হ'ল এবং পরে ইহাকে উত্তপ্ত করা হ'ল।
(v) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস পাঠানো হ'ল।
(vi) সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন ও সালফার ডাইঅক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটানো হ'ল।
(vii) হাইড্রোজেন সালফাইড ক্লোরিন জলে পাঠানো হ'ল।
(viii) সালফার ডাইঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হ'ল।
(ix) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাঠানো হ'ল।
(*x*) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে উত্তপ্ত করা হ'ল।
(*x*i) সালফিউরিক অ্যাসিডকে অক্সিজেন দ্বারা জারিত করা হ'ল।
(xii) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখা হ'ল।

11. 'হ্যাঁ' কি 'না' বল:

(i) অক্সিজেন নিজে দাহ্য নয় কিন্তু অপরের দহনে সহায়তা করে।
(ii) হাইড্রোজেন নিজে দাহ্য কিন্তু অপরের দহনে সহায়তা করে না।
(iii) কার্বন ডাইঅক্সাইড চুনের জল ঘোলা করে।
(iv) সালফার ডাইঅক্সাইড চুনের জল ঘোলা করে।

12. সঠিক উত্তরের পাশে '$\surd$' চিহ্ন দাও:

(i) অধিকাংশ ধাতুকে অক্সিজেনে উত্তপ্ত ক'রলে—উৎপন্ন হয়। [অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড]
(ii) জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় গ্যাস—। [অক্সিজেন, অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাইঅক্সাইড]
(iii) চুন জলকে ঘোলা করে— [অক্সিজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড, কার্বন ডাইঅক্সাইড]

13. একটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস আছে। কিরূপে উহাকে রাসায়নিকভাবে সনাক্ত করিবে? [M. Exam. 1985]

14. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রের রেখাচিত্র অঙ্কন ক'রে প্রস্তুতি পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। [M. Exam. (Tripura) 1983]

15. (a) পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানগুলির নাম লেখ। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটির সমীকরণ দাও। অ্যামোনিয়া গ্যাস যে ক্ষারধর্মী, ইহা কিভাবে প্রমাণ ক'রবে? (b) ফেরাস সালফাইড থেকে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না। কারণসহ ব্যাখ্যা কর। (c) রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে H_2-এর বিজারণ ক্ষমতা দেখাও। (d) কিউপ্রিক ক্লোরাইডের লঘু HCl দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা ক'রলে কি হবে? সমীকরণ দাও। [M. Exam. 1987]

16. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই গ্যাসের বিজারণ ধর্মের সমীকরণ লেখ। [M. Exam. (Tripura) 1987]

মৌখিক প্রশ্ন :

(i) অ্যামোনিয়া থেকে উৎপন্ন একটি সারের নাম বল।

(ii) সোডা ওয়াটার কি?

(iii) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে শুষ্ক করা হয় কিরূপে?

(iv) শুষ্ক বরফ কাকে বলে?

(v) একটি বিজারক গ্যাসের নাম বল।

(vi) বিনা তাপে কিভাবে অক্সিজেন পাওয়া যায়?

(vii) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না কেন?

Experiments for Demonstration Classes

(পরীক্ষামূলক পর্যালোচনা)

পরীক্ষালব্ধ ফল লেখার পদ্ধতি ঃ পরীক্ষাগারে কাজ করার সময় পরিমাপ, পর্যবেক্ষণ, সিদ্ধান্ত ইত্যাদি তৎক্ষণাৎ লিখে রাখার জন্য একটি খাতা ব্যবহার করা প্রয়োজন। আবার বাড়িতে প্রত্যেকটি পরীক্ষা নির্দিষ্ট ছকে পরিষ্কারভাবে লিখে রাখার জন্য অপর একটি খাতার প্রয়োজন। এই খাতাকে পরীক্ষাগারের খাতা (Laboratory note book) বলে। ইহার ডানদিকের পৃষ্ঠায় লাইন টানা থাকে এবং বাম দিকের পৃষ্ঠা সাদা থাকে। ডান দিকের পৃষ্ঠায় পরীক্ষাকার্যের বিবরণ কালি দিয়ে লিখতে হয়। বামদিকের পৃষ্ঠায় পেন্সিল দিয়ে যন্ত্রের চিত্র আঁকতে হয় ও প্রয়োজনীয় হিসেব লিখতে হয়। পরীক্ষা কার্যের বিবরণ নিম্নলিখিতরূপে লিখতে হয়।

(1) **পরীক্ষার নাম (name of the experiment)**—বড় অক্ষরে পরিষ্কার ভাবে ক্রমিক সংখ্যা সহ পরীক্ষার নাম লাইন টানা পাতার মাঝ বরাবর লিখতে হয়।

(2) **তারিখ (date)**—পরীক্ষা যে তারিখে করা হয় সেই তারিখ পরীক্ষার নামের নীচে লিখতে হয়।

(3) **মূলতত্ত্ব (theory)**—পরের লাইন টানা পাতায় পরীক্ষার মূলতত্ত্ব সংক্ষেপে লিখতে হয় এবং ভৌত বিষয়গুলির একক যথাযথভাবে লিখতে হয়।

(4) **যন্ত্রপাতি (apparatus)**—পরীক্ষায় ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির নাম লিখতে হয়।

(5) **যন্ত্র বর্ণনা (description of the apparatus)**—পরীক্ষায় কোন বিশেষ যন্ত্র ব্যবহৃত হ'লে তার বর্ণনা সংক্ষেপে লিখতে হয়।

(6) **পরীক্ষা পদ্ধতি (procedure)**—পরীক্ষা যেভাবে করা হয় তা পর পর লিখতে হয়।

(7) **পরীক্ষালব্ধ ফল (results)**—পরীক্ষালব্ধ ফলগুলিকে এক বা একাধিক সারণীতে লিখতে হয়। ফলগুলিকে দশমিকে প্রকাশ ক'রে যথাযথ একক সহ লিখতে হয়।

(8) **সতর্কতা (precautions)**—পরীক্ষায় যে সতর্কতাগুলি অবলম্বন করা হয় তা লিখতে হয়।

পরীক্ষা নং 1

কোন সরু দণ্ডের দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটার ও ইঞ্চিতে নির্ণয় এবং ইঞ্চি ও সেন্টিমিটারের সম্পর্ক নির্ণয়।

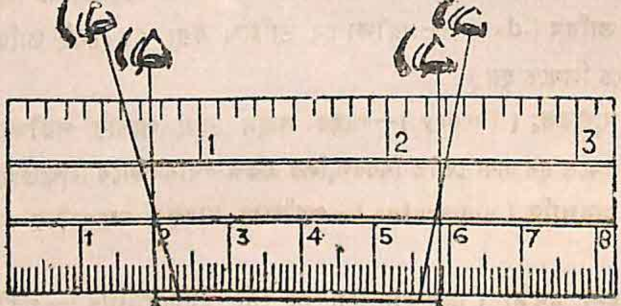
মূলতত্ত্ব ঃ যদি দণ্ডের বাম প্রান্তের পাঠ A ও ডান প্রান্তের পাঠ B হয় তাহ'লে দণ্ডের দৈর্ঘ্য = (B − A) দৈর্ঘ্যের একক।

যন্ত্রপাতি ঃ (i) ইঞ্চি ও সেন্টিমিটারে দাগ কাটা স্কেল।

(i) একটি দণ্ড।

যন্ত্র বর্ণনা ঃ সাধারণ স্কেল পাতলা কাঠের তৈরী। ইহার এক পাশে সেন্টিমিটারে ও অপর পাশে ইঞ্চিতে দাগ কাটা থাকে।

পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ দণ্ডকে টেবিলের উপর রাখা হয়। স্কেলের দাগ কাটা পাশকে দণ্ডের পাশে ইহার সমান্তরালে খাড়াভাবে রাখা হয়। দণ্ডের বাম দিককে স্কেলের প্রথম কয়েকটি দাগ বাদ দিয়ে অপর কোন নির্দিষ্ট দাগের সঙ্গে মিলিয়ে স্কেলের পাঠ নেওয়া হয়। পাঠ নেবার সময় চোখের দৃষ্টিকে সর্বদা লম্বভাবে রাখতে হয়। দণ্ডের ডানদিক যে দাগের সঙ্গে মেলে তার পাঠও অনুরূপভাবে নিতে হয়। যদি



চিত্র 151

দণ্ডের ডানদিক স্কেলের কোন নির্দিষ্ট দাগের সঙ্গে মিলিত না হ'য়ে দুই দাগের মধ্যে কোন স্থানে থাকে তাহ'লে ডানদিকের পাঠ নেওয়ার সময় নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পাঠ নিয়ে বাকি অংশ চোখের আন্দাজে পাঠ ক'রতে হয়।

এইভাবে দণ্ডকে বিভিন্ন দিকে ঘুরিয়ে ইহার দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটার ও ইঞ্চি উভয় স্কেলেই কয়েকবার মাপতে হয় এবং প্রত্যেক স্কেলে গড় দৈর্ঘ্য নির্ণয় ক'রতে হয়।

পরীক্ষালব্ধ :

সেন্টিমিটার ও ইঞ্চি স্কেলে দৈর্ঘ্য পরিমাপের সারণী :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	বাম দিকের পাঠ			ডান দিকের পাঠ			দণ্ডের দৈর্ঘ্য	গড় দৈর্ঘ্য	এক ইঞ্চি / এক সেমি.
	স্কেল দ্বারা (A)	চোখের আন্দাজে (B)	মোট পাঠ $X=A+B$	স্কেল দ্বারা (C)	চোখের আন্দাজে (D)	মোট পাঠ $Y=C+D$			
1	সেমি.	সেমি.	সেমি.	সেমি.	সেমি.	সেমি.	সেমি	সেমি.	
2									
3									
1	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	ইঞ্চি	
2									
3									

সতর্কতা : (i) দৈর্ঘ্য মাপার সময় স্কেলের কোন প্রান্ত ব্যবহার করা উচিত নয়। কেননা স্কেলের প্রান্ত ব্যবহার ক'রতে ক'রতে ক্ষয়ে যায় এবং ভাঙ্গা থাকে।

(ii) স্কেলকে দণ্ডের পাশে খাড়াভাবে রেখে পাঠ নিতে হয়? তা নাহ'লে লম্ব-ভ্রম হ'তে পারে।

পরীক্ষা নং 2

মাপক চোঙের সাহায্যে জলে অদ্রবণীয় ও জলের তুলনায় ভারী কোন অসম আকৃতির কঠিন পদার্থের আয়তন নির্ণয়।

মূলতত্ত্ব : জলে অদ্রবণীয় ও জলের তুলনায় ভারী কোন কঠিন পদার্থকে জলে সম্পূর্ণরূপে নিমজ্জিত ক'রলে, ইহা নিজ আয়তনের সমান আয়তন জল অপসারিত করে। কাজেই কঠিন পদার্থকে নিমজ্জিত করার আগে যদি পাত্রে জলের আয়তন V_1 হয় এবং ইহাকে নিমজ্জিত করার পরে জলের আয়তন V_2 হয় তাহ'লে,

কঠিন পদার্থের আয়তন = অপসারিত জলের আয়তন

$$= V_2 - V_1\ ।$$



চিত্র 152

যন্ত্রপাতি : (i) মাপক চোঙ; (ii) জলে অদ্রবণীয় ও জলের তুলনায় ভারী কঠিন পদার্থ।

পরীক্ষা পদ্ধতি : মাপক চোঙকে আংশিকভাবে জলপূর্ণ করা হয়। জল তলের স্পর্শক রেখা বরাবর চোখ রেখে চোঙে জলের আয়তনের পাঠ

নেওয়া হয়। এবার কঠিন পদার্থকে চোঙের জলে এমনভাবে ফেলা হয় যেন চোঙ থেকে জল বাইরে ছিটকে না পড়ে। এই অবস্থায় চোঙে জলের আয়তনের পাঠ নেওয়া হয়। এই পাঠ থেকে প্রথম পাঠ বিয়োগ ক'রলে বিয়োগফলই হয় কঠিন পদার্থের আয়তন।

মাপক চোঙে জলের প্রাথমিক আয়তন পরিবর্তন ক'রে পরীক্ষাটি অন্তত পাঁচবার করা হয় এবং গড় আয়তন নির্ণয় করা হয়।

ফল :

আয়তন পরিমাপের সারণী

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	কঠিন পদার্থ নির্মজ্জিত করার আগে জলতলের পাঠ (V_1 সি.সি.)	কঠিন পদার্থ নির্মজ্জিত করার পরে জলতলের পাঠ (V_2 সি.সি.)	কঠিন পদার্থের আয়তন ($V_2 - V_1$) সি. সি.	গড় আয়তন সি. সি.
1				
2				
3				
4				
5				

সতর্কতা : (i) কঠিন পদার্থকে চোঙের জলে এমনভাবে ফেলা হয় যেন জল ছিটকে না পড়ে।

(ii) কঠিন পদার্থের গায়ে বা জলের মধ্যে যেন বুদ্‌বুদ্‌ না থাকে।

(iii) জলতলের পাঠ নেওয়ার সময় যেন লম্ব-ভ্রম না হয়।

পরীক্ষা নং 3

সমতল দর্পণ ও পিনের সাহায্যে আলোকের প্রতিফলনের সূত্রগুলির সত্যতা নিরূপণ।

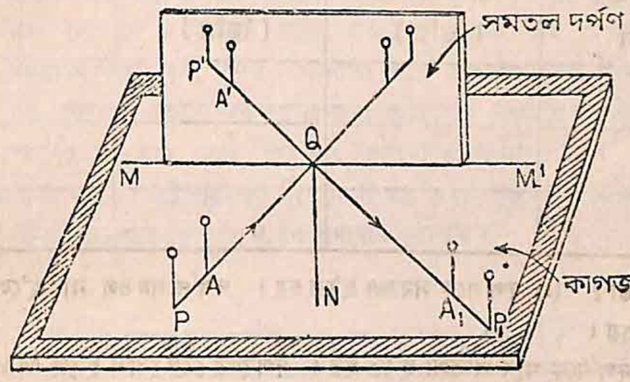
মূলতত্ত্ব : প্রতিফলনের সূত্রগুলি—

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দুতে প্রতিফলকের উপর অংকিত অভিলম্ব একই সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণ, প্রতিফলন কোণের সমান হয়।

যন্ত্রপাতি : (i) সমতল দর্পণ, (ii) কাঠের সমতল বোর্ড, (iii) চারটি বোর্ড পিন, (iv) চারটি লম্বা পিন, (v) স্কেল, (vi) চাঁদা, (vii) সাদা কাগজ।

পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ একটি টেবিলের উপর কাঠের সমতল বোর্ডকে রাখা হয়। এবার বোর্ডপিন চারটির সাহায্যে সাদা কাগজকে বোর্ডে আটকানো হয়। কাগজের উপর পেন্সিল দিয়ে MM′ সরলরেখা টানা হয় (চিত্র 153)। দর্পণকে খাড়াভাবে কাগজের উপর এইরূপ রাখা হয় যাতে ইহার প্রতিফলক তল MM′ রেখার সঙ্গে মিলে যায়। এবার দর্পণের সামনে কাগজের উপর **P** ও **A** পিনদ্বয়কে পরস্পর থেকে



চিত্র 153

সামান্য দূরে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে **PA** সরলরেখা দর্পণকে Q বিন্দুতে আনতভাবে স্পর্শ করে। ডান দিক থেকে দর্পণের দিকে তাকালে পিনদ্বয়ের প্রতিবিম্ব দেখা যায়। চোখকে এমন অবস্থানে রাখতে হয় যাতে পিনদ্বয়ের প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় দেখা যায়। এই অবস্থায় দর্পণের সামনে আরও দু'টি পিন A_1 ও P_1 কে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে P ও **A** এর প্রতিবিম্বদ্বয়কে এবং A_1 ও P_1-কে একই সরলরেখায় দেখা যায়। এই অবস্থায় কেবলমাত্র P_1 পিনকে দেখা যায়। অন্য পিনগুলি P_1 দ্বারা ঢাকা থাকে।

এবার পিনগুলির অবস্থান পেন্সিল দিয়ে চিহ্নিত ক'রে দর্পণ ও পিনগুলি সরানো হয়। তারপর P_1 ও A_1 বিন্দুদ্বয় যোগ ক'রে P_1A_1 সরলরেখা টানা হয়। এইভাবে PA সরলরেখা টেনে বাড়ালে PA ও P_1A_1 রেখাদ্বয় MM′ সরলরেখাকে Q বিন্দুতে ছেদ করে। এক্ষেত্রে **PA** আপতিত রশ্মি এবং A_1P_1 প্রতিফলিত রশ্মি। Q বিন্দুতে MM′ রেখার উপর QN লম্ব টানা হয়। তাহ'লে QN, দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব। চাঁদের সাহায্যে আপতন কোণ($\angle PQN$) ও প্রতিফলন কোণ ($\angle P_1QN$) মাপা হয়।

অনুরূপভাবে বিভিন্ন আপতন কোণে আপতিত রশ্মির জন্য পরীক্ষাটি অন্তত তিন বার করা হয়।

ফল ঃ

প্রথম সূত্রের সত্যতা নিরূপণ ঃ আপতিত রশ্মি (PA), প্রতিফলিত রশ্মি

(P_1A_1) এবং আপতন বিন্দু (Q) তে প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব (QN) কাগজের তলে অর্থাৎ একই সমতলে থাকে। কাজেই, প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা নিরূপণ করার সারণী ঃ

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আপতন কোণ (ডিগ্রি)	প্রতিফলন কোণ (ডিগ্রি)	মন্তব্য
1			
2			
3			

সতর্কতা ঃ (i) দর্পণকে সমতল হ'তে হয়। দর্পণ সমতল না হ'লে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়।

(ii) দর্পণকে খুব পাতলা হ'তে হয়। দর্পণের বেধ বেশি হ'লে MM′ রেখাকে দর্পণের সামনের তল থেকে ইহার বেধের $\frac{2}{3}$ অংশ বরাবর পশ্চাতে রাখতে হয়।

(iii) আপতন কোণের মান বেশি নেওয়া উচিত।

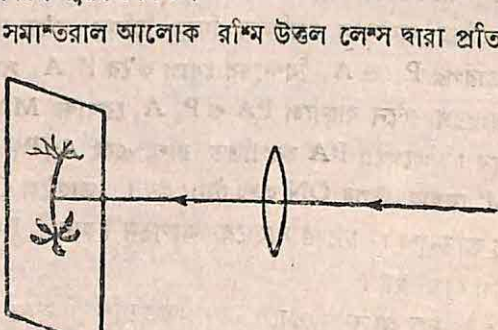
(iv) যে কোন দু'টি পিনের মধ্যবর্তী দূরত্ব অন্তত 10 সেমি. হওয়া উচিত।

(v) পিনগুলিকে খাড়াভাবে আটকানো উচিত। কাগজের তল থেকে ইহাদের সকলের উচ্চতা সমান হওয়া উচিত।

পরীক্ষা নং 4

দূরবর্তী কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব সাদা কাগজের পর্দায় বা সাদা দেওয়ালে ফেলে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়।

মূলতত্ত্ব ঃ সমান্তরাল আলোক রশ্মি উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর ইহার



চিত্র 154

ফোকাস তলে মিলিত হয়। দূরবর্তী বস্তু থেকে আগত আলোক রশ্মিগুলিকে

পরস্পর সমান্তরাল ধরা যায়। এই সমান্তরাল আলোক রশ্মি উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসরণের পর ইহার ফোকাস তলে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। এই অবস্থায় লেন্স থেকে বস্তুর প্রতিবিম্বের দূরত্বই লেন্সের ফোকাস দূরত্ব।

যন্ত্রপাতি ঃ (i) একটি উত্তল লেন্স, (ii) সাদা কাগজের পর্দা বা সাদা দেওয়াল, (iii) স্কেল।

পরীক্ষা পদ্ধতি ঃ ঘরের খোলা জানালার বিপরীত দিকের সাদা দেওয়ালের সামনে উত্তল লেন্সকে এমনভাবে ধরতে হয় যে, দূরের গাছ বা বাড়ির উল্টো প্রতিবিম্ব দেওয়ালে স্পষ্ট দেখা যায়। দেওয়াল থেকে লেন্সের দূরত্ব কমিয়ে বাড়িয়ে দেখা হয় যে, লেন্সের কোন্ অবস্থানের জন্য প্রতিবিম্ব সবচেয়ে স্পষ্ট হয়। এই অবস্থায় স্কেলের সাহায্যে লেন্স থেকে দেওয়ালের দূরত্ব মাপা হয়। এই দূরত্বই লেন্সের ফোকাস দূরত্ব। এই পরীক্ষা 5 থেকে 6 বার ক'রে গড় ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা হয়। উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক ধরা হয়।

ফল ঃ

উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করার সারণী ঃ

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	লেন্স থেকে দেওয়ালের দূরত্ব (সেমি.)	লেন্সের ফোকাস দূরত্ব (সেমি.)	গড় ফোকাস দূরত্ব (সেমি.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

সতর্কতা ঃ (i) প্রতিবিম্ব স্পষ্ট হওয়া উচিত। (ii) দূরত্ব মাপার সময় স্কেলের কোন প্রান্ত ব্যবহার করা উচিত নয়। (iii) লেন্সের উভয় পৃষ্ঠ ব্যবহার করা উচিত।

অতিরিক্ত প্রশ্নোত্তর

প্রথম অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ—পরিমাপের বিভিন্ন পদ্ধতি

1. ভৌত রাশি কাকে বলে ?

উঃ প্রকৃতিতে পরিমাপযোগ্য বস্তুগুলিকে ভৌত রাশি বলে।

2. ভর, ঘনত্ব, আয়তন ও দ্রুতি কি রাশি ?

উঃ স্কেলার রাশি। ইহাদের কেবল মান আছে।

3. সরণ, বেগ, ত্বরণ, ও বল কি রাশি ?

উঃ ভেক্টর রাশি। কারণ ইহাদের মান ও দিক উভয়ই আছে এবং ইহাদের সামন্তরিক সূত্রানুযায়ী যোগ করা যায়।

4. সি. জি. এস্. এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতির কোন্‌টি সুবিধাজনক ও কেন ?

উঃ সি. জি. এস্. পদ্ধতি সুবিধাজনক। কারণ এই পদ্ধতিতে এককের গুণিতাংশ বা ভগ্নাংশ নির্ণয় করার জন্য গুণ বা ভাগের প্রয়োজন হয় না। কেবলমাত্র দশমিক বিন্দুর স্থান পরিবর্তন ক'রলেই চলে।

5. একক কয় প্রকার ও কি কি ? ক্ষেত্রফল, বেগ, গ্যালন ও লিটার কি একক ?

উঃ একক দুই প্রকার—মৌলিক ও লব্ধ একক। ইহারা সকলেই লব্ধ একক।

6. একটি গোলকের ব্যাসার্ধ অপর একটি গোলকের ব্যাসার্ধের দ্বিগুণ। প্রথমটির বক্রতলের ক্ষেত্রফল দ্বিতীয়টির বক্রতলের ক্ষেত্রফলের কত গুণ ? প্রথমটির আয়তন দ্বিতীয়টির কত গুণ ?

উঃ গোলকের বক্রতলের ক্ষেত্রফল $= 4\pi \times$ (ব্যাসার্ধ)^2 হওয়ায় প্রথমটির বক্রতলের ক্ষেত্রফল দ্বিতীয়টির 4 গুণ।

গোলকের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi \times$ (ব্যাসার্ধ)^3 হওয়ায় প্রথমটির আয়তন দ্বিতীয়টির 8 গুণ।

7. একটি ঘনকের বাহুগুলি অপর একটি ঘনকের বাহুগুলির তিনগুণ। প্রথমটির প্রতি তলের ক্ষেত্রফল দ্বিতীয়টির প্রতি তলের ক্ষেত্রফলের কত গুণ ? প্রথমটির আয়তন দ্বিতীয়টির কত গুণ ?

উঃ ঘনকের প্রতি তলের ক্ষেত্রফল $=$ (বাহু)^2 হওয়ায় প্রথমটির প্রতি তলের ক্ষেত্রফল দ্বিতীয়টির 9 গুণ। ঘনকের আয়তন $=$ (বাহু)^3 হওয়ায় প্রথম ঘনকের আয়তন দ্বিতীয় ঘনকের আয়তনের 27 গুণ।

8. ঘনত্ব কাকে বলে ? সি. জি. এস্. ও এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ইহার একক কি ?

উঃ কোন পদার্থের একক আয়তনের ভরকে ইহার ঘনত্ব বলে। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক গ্রাম / সি. সি. এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্বের একক পাউন্ড / ঘন ফুট।

9. কোন পদার্থের ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে 2 গ্রাম / সি. সি. হ'লে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে কত হয় ?

উঃ এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্ব $= 2 \times 62{\cdot}5 = 125$ পাউন্ড/ঘনফুট।

10. কোন তরলের ঘনত্ব 0·8 গ্রাম/সি. সি হ'লে ইহার 1 লিটার আয়তনের ভর কত?

উঃ ভর = আয়তন × ঘনত্ব $= 1000 \times 0{\cdot}8 = 800$ গ্রাম।

[∵ 1 লিটার = 1000 সি. সি.]

11. সময়ের একক কি? সৌরদিন কি? বৎসরের বিভিন্ন সময় সৌরদিনের মান বিভিন্ন হয় কেন?

উঃ সময়ের একক সেকেন্ড। কোন স্থানের ভৌগোলিক মধ্যতলকে পর পর দু'বার অতিক্রম ক'রতে সূর্যের যে সময় লাগে তাকে এক সৌরদিন বলে। বৎসরের বিভিন্ন সময় সূর্য ও চন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বিভিন্ন হওয়ায় সৌরদিনের মান বিভিন্ন হয়।

12. সাধারণ তুলাদণ্ড দ্বারা কোন বস্তুর ওজন মাপা হয়, না, ভর মাপা হয়? [M. Exam. 1976]

উঃ সাধারণ তুলাদণ্ড দ্বারা কোন বস্তুর ভর মাপা হয়।

13. একটি মিটার স্কেলের সাহায্যে ন্যূনতম কত দৈর্ঘ্য মাপা যায়?

উঃ 1 মিলিমিটার।

14. মাপনী চোঙ ও স্প্রিং তুলার সাহায্যে কি কি পরিমাপ করা হয়?

উঃ মাপনী চোঙের সাহায্যে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন মাপা হয়।

স্প্রিং তুলার সাহায্যে কোন বস্তুর ওজন মাপা হয়।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ—পদার্থ ও শক্তি

1. কোন বস্তুর ভর ও ওজনের সম্পর্ক কি?

উঃ বস্তুর ওজন = বস্তুর ভর × স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণের নাম।

2. পৃথিবীতে কোন বস্তুর যা ওজন ঐ বস্তুকে চন্দ্রে নিয়ে গেলে সেই ওজন কিরূপে পরিবর্তিত হবে? উহার ভরেরই বা কি পরিবর্তন হবে? [M. Exam. 1976]

উঃ কোন বস্তুর পৃথিবী পৃষ্ঠে যা ওজন হয় চন্দ্র পৃষ্ঠে তার থেকে কম হয়। চন্দ্রের অভিকর্ষজ বল পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের প্রায় $\frac{1}{6}$ গুণ হওয়ায় চন্দ্র পৃষ্ঠে কোন বস্তুর ওজন পৃথিবী পৃষ্ঠে ইহার ওজনের প্রায় $\frac{1}{6}$ গুণ হয়।

ভর বস্তুর মৌলিক ধর্ম হওয়ায় চন্দ্রপৃষ্ঠে ইহার কোন পরিবর্তন হয় না।

3. কোন বস্তুকে পর্বতের চূড়ায় নিয়ে গেলে ইহার ভর ও ওজনের কি পরিবর্তন হয়? যুক্তি সহকারে উত্তর দাও। [M. Exam. 1977]

উঃ বস্তুর ওজন = বস্তুর ভর × স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান (g) হওয়ায় g-

এর পরিবর্তন হ'লে বস্তুর ওজনের পরিবর্তন হয়। পর্বতের চূড়ায় g-এর মান কম হওয়ায় বস্তুর ওজন কম হয়।

বস্তুর ভর স্থান-নিরপেক্ষ হওয়ায় পর্বতের চূড়ায় বস্তুর ভরের কোন পরিবর্তন হয় না।

4. কোন বস্তুর ভর ও ভারের সংজ্ঞা লেখ। [M. Exam. 1978]

উঃ কোন বস্তুতে যে পরিমাণ পদার্থ থাকে তাকে ইহার ভর বলে। যে বলের দ্বারা কোন বস্তু পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হয় তাকে বস্তুর ওজন বলে।

5. ভরের নিত্যতা ব'লতে কি বোঝ? একটি কয়লা পোড়াইয়া যে ছাই হয় তার ভর কয়লার ভর অপেক্ষা অনেক কম। বাকি ভরের কি হ'ল? [M. Exam. 1976, 1985]

উঃ ভরের নিত্যতা ব'লতে বোঝায় যে ভরের সৃষ্টি বা বিনাশ নেই, কেবল রূপান্তর আছে।

কয়লা জ্বলার জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন। আবার কয়লা জ্বলার ফলে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাইঅক্সাইড ($C+O_2=CO_2$) উৎপন্ন হয়। এই জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাইঅক্সাইড বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়। ফলে প'ড়ে থাকা ছাই এর ভর কয়লার ভর অপেক্ষা অনেক কম হয়। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে কয়লা এবং প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ভর, বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন সকল পদার্থের ভরের সমান হয়।

6. এক টুকরা ম্যাগনেসিয়ামকে পোড়াইলে দেখা যায় যে, ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন থেকে বেশি। কেন? [M. Exam. 1981]

উঃ ম্যাগনেসিয়ামকে বায়ুতে পোড়ালে ইহা বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন করে। $2Mg+O_2=2MgO$। ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত হওয়ার জন্যই ওজন বৃদ্ধি পায়। পরীক্ষা ক'রলে দেখা যায় যে, ম্যাগনেসিয়াম ও ইহাকে পোড়ানোর সময় গৃহীত অক্সিজেনের ওজন উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজনের সমান হয়।

7. শক্তির সংজ্ঞা লেখ। শক্তির বিভিন্ন রূপ কি কি? শক্তির নিত্যতা সূত্র লেখ। [M. Exam. 1978]

উঃ যা বস্তুর সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে বা বাইরে থেকে বস্তুর উপর প্রযুক্ত হ'য়ে বস্তুর কার্যকলাপ প্রভাবিত ও নিয়ন্ত্রিত করে তাকে শক্তি বলে। কোন বস্তুর শক্তি মোটামুটি আট ভাবে প্রকাশ পেতে পারে। যথা—(i) যান্ত্রিক শক্তি, (ii) তাপ শক্তি, (iii) আলোক শক্তি, (iv) শব্দ শক্তি, (v) চৌম্বক শক্তি, (vi) তড়িৎ শক্তি, (vii) রাসায়নিক শক্তি এবং (viii) নিউক্লিয় শক্তি। শক্তির সংরক্ষণ সূত্র—'শক্তিকে সৃষ্টি করা যায় না, ধ্বংসও করা যায় না। কাজেই বিশ্বের মোট শক্তি সর্বদা ধ্রুবক থাকে'।

8. একটি ঢিলকে কোন বাড়ির ছাদ থেকে নীচে পড়তে দেওয়া হ'ল। নিম্নলিখিত অবস্থায় ঢিলটির কি শক্তি আছে লেখ। [M. Exam. 1976, 1982]
(i) ঢিলটি ছাড়বার পূর্ব মুহূর্তে (ii) ঢিলটি কিছুটা নেমেছে কিন্তু মাটি স্পর্শ করে নাই, (iii) ঢিলটি মাটি স্পর্শ ক'রবার পূর্ব মুহূর্তে, (iv) ঢিলটি মাটি স্পর্শ করার পর ইহার শক্তির কি হ'ল ?

উঃ (i) ঢিলকে বাড়ির ছাদে তোলার ফলে ইহাতে স্থিতিশক্তি থাকে। ইহা ছাদে স্থির অবস্থায় থাকায় ইহার সমগ্র শক্তিই স্থিতিশক্তি।

(ii) এক্ষেত্রে মাটি থেকে ঢিলের উচ্চতা হ্রাস পাওয়ায় ইহার স্থিতিশক্তি কমে যায় এবং যতটা স্থিতিশক্তি কমে ঠিক ততটাই ইহা গতিশক্তি অর্জন করে। কাজেই, এই অবস্থায় ঢিলটির স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তি উভয়ই আছে।

(iii) এক্ষেত্রে মাটি থেকে ঢিলের উচ্চতা শূন্য হওয়ায় ইহার কোন স্থিতিশক্তি থাকে না। ইহার সমগ্র স্থিতিশক্তিই গতিশক্তিতে পরিণত হয়।

(iv) এক্ষেত্রে ঢিলের শক্তি শব্দ, তাপ, আলোক ইত্যাদি শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

9. রেলগাড়ি টানবার সময় স্টীম এঞ্জিনে তাপশক্তি কোন্ শক্তিতে রূপান্তরিত হয় ? এই তাপশক্তিই বা কোন্ শক্তি থেকে রূপান্তরিত হ'য়ে আসে ? [M. Exam. 1976]

উঃ তাপশক্তি যান্ত্রিক গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কয়লা পোড়ানোর ফলে রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

10. বিদ্যুৎ শক্তি যখন আমরা কাজে লাগাই তখন ইহা অপর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহা দেখাবার জন্য দুটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1976]

উঃ (i) বৈদ্যুতিক বাতি জ্বালালে বৈদ্যুতিক শক্তি থেকে আলোক শক্তি পাওয়া যায়। (ii) ইলেকট্রিক হিটার চালু ক'রলে বৈদ্যুতিক শক্তি থেকে তাপ শক্তি পাওয়া যায়।

11. দম দেওয়া ঘড়িতে কি ধরনের শক্তি থাকে ? ইহা কোন্ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। [M. Exam. 1983]

উঃ যান্ত্রিক স্থিতিশক্তি থাকে। ইহা যান্ত্রিক গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

12. চন্দ্রের অভিকর্ষজ বল পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের $\frac{1}{6}$ গুণ। কোন ব্যক্তি পৃথিবী পৃষ্ঠে 5 ফুট লাফালে চন্দ্রে কত উচ্চতা পর্যন্ত লাফাবে ?

উঃ 30 ফুট লাফাবে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ—পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন

1. জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C ব'লতে কি বোঝ ? 100°C অপেক্ষা বেশি এবং কম উষ্ণতায় জলকে ফোটানো কি ক'রে সম্ভবপর হয়। [M. Exam. 1977, 1985]

উঃ জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C ব'লতে বোঝায় যে, স্বাভাবিক চাপে তাপ প্রয়োগে বিশুদ্ধ জলের স্ফুটন 100°C উষ্ণতায় শুরু হয়।

100°C অপেক্ষা বেশি উষ্ণতায় জলকে ফোটাতে হ'লে ইহার উপর চাপ বাড়াতে হয়। 100°C অপেক্ষা কম উষ্ণতায় জলকে ফোটাতে হ'লে ইহার উপর চাপ কমাতে হয়।

2. পাহাড়ের উপর রান্না ক'রতে অধিক সময়ের কেন প্রয়োজন হয় তা ব্যাখ্যা ক'রে বল। [M. Exam. 1978]

উঃ পাহাড়ের উপরে বায়ুমণ্ডলের চাপ সমতল ভূমি অপেক্ষা অনেক কম। চাপ কমলে জলের স্ফুটনাংক কমে যায়—অর্থাৎ জল কম উষ্ণতায় ফোটে? তাই পাহাড়ের উপরে রান্না ক'রতে বেশি সময়ের প্রয়োজন হয়।

3. চাপ বৃদ্ধি ক'রলে বরফের গলনাংক কিভাবে প্রভাবিত হয়? [M. Exam. 1979, 1982]

উঃ বরফ গ'লে জলে পরিণত হ'লে ইহার আয়তন কমে যায়। কাজেই বরফের উপর চাপ বাড়ালে ইহার আয়তন কমে যায় এবং ইহার গলনাংকও কমে যায়।

4. গলনে আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে এবং আয়তনের হ্রাস ঘটে এইরূপ দু'টি পদার্থের নাম লেখ।

উঃ গলনে সীসার আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে এবং বরফের আয়তনের হ্রাস ঘটে।

5. 0°C উষ্ণতার 1 গ্রাম বরফে 80 ক্যালরি তাপ দিলে কি হবে?

উঃ 1 গ্রাম বরফই গলে জলে পরিণত হবে এবং ঐ জলের উষ্ণতা 0°C-ই থাকবে।

6. কিরূপ পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাংক থাকে না?

উঃ কেলাসিত নয় এমন কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাংক থাকে না।

7. বরফের উষ্ণতা কমাতে হ'লে কি ক'রতে হবে?

উঃ বরফের সঙ্গে সাধারণ লবণ মেশালে ঐ লবণ বরফগলা জলে দ্রবীভূত হয় এবং প্রয়োজনীয় লীন তাপ বরফ থেকে নেয়। ফলে বরফের উষ্ণতা হ্রাস পায়।

8. চা কাপ থেকে ডিসে ঢাললে তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয় কেন?

উঃ কাপের তুলনায় ডিসে চায়ের উপর তলের ক্ষেত্রফল বেশি হওয়ায় বাষ্পীভবনের হার বৃদ্ধি পায়। ফলে চা তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা হয়।

9. বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজে কাপড় তাড়াতাড়ি শুকোয় কেন?

উঃ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ যত কম হয় বাষ্পায়নও তত বেশি হয়। বর্ষাকালের তুলনায় শীতকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্প কম থাকায় ভিজে কাপড়ের জলের বাষ্পায়ন বেশি হয়। ফলে শীতকালে ভিজে কাপড় তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যায়।

10. একটি থার্মোমিটারের কুণ্ডকে ভিজে কাপড় দিয়ে ঢেকে দিলে কি হয়।

উঃ বাষ্পীভবনের ফলে শৈত্যের উৎপত্তি হওয়ায় থার্মোমিটারের পারদসূত্র নীচের দিকে নেমে যায়।

11. প্রেসার কুকারে মাংস তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয় কেন ?

উঃ প্রেসার কুকারে আবদ্ধ জলীয় বাষ্প জলের উপর চাপ বৃদ্ধি করে। ফলে জলের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং বেশি উষ্ণতায় মাংস তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয়।

12. ঘর্মাক্ত শরীরে পাখার বাতাসে ঠাণ্ডা বোধ হয় কেন ?

উঃ পাখার বাতাসে শরীরের ঘাম শরীর থেকে লীন তাপ নিয়ে বাষ্পীভুত হয়। ফলে ঠাণ্ডা বোধ হয়।

13. তরলের স্ফুটনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভরশীল, ইহা দেখাবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। [M. Exam. 1981]

উঃ 45 পৃঃ ফ্রাঙ্কলিনের পরীক্ষা দেখ।

14. হাতে ইথার ঢাললে ঠাণ্ডা বোধ হয় কেন ? [M. Exam. 1981]

উঃ পৃঃ 51 দেখ।

15. কিছু পরিমাণ জলকে কি ঘরের উষ্ণতায় ফোটানো যায় ?

উঃ হ্যাঁ, জলের উপর চাপ ক্রমশ কমানো হ'লে ইহার স্ফুটনাঙ্ক কমতে থাকে এবং এক সময়ে ইহা ঘরের উষ্ণতা অপেক্ষা কম হয়। তখন জল ফুটতে থাকে।

16. চন্দ্রে জল নিয়ে গিয়ে একটি খোলা পাত্রে ঐ জল ঢাললে কি হয় ?

উঃ চন্দ্রে বায়ু না থাকায় বায়ুর চাপ শূন্য। চাপ শূন্য হওয়ায় ঐ জলের স্ফুটনাঙ্ক কমে যায় এবং ইহা ফুটতে থাকে। অবশ্য এক্ষেত্রে বাষ্প কণাগুলি জলতল থেকে উঠে পুনরায় জলে এসে পড়ে।

17. জলের বাষ্পীভবনের লীন তাপের মান কত ?

উঃ 537 ক্যালরি / গ্রাম।

18. স্টীম অদৃশ্য কিন্তু কেটলীর ফুটন্ত জল থেকে নির্গত স্টীমের রং সাদা হয় কেন ?

উঃ কারণ হিসেবে বলা যায় যে, ঐ নির্গত স্টীম বায়ুর সংস্পর্শে এসে তাপ বর্জন ক'রে ঘনীভুত হয় এবং ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জল কণায় পরিণত হয়। ফলে ঐ স্টীম দেখা যায়। ভাল ক'রে লক্ষ্য ক'রলে দেখা যায় যে, কেটলীর নলের মুখের খুব কাছাকাছি অঞ্চলে স্টীম দেখা যায় না। একটু দূরে সাদা জলীয় বাষ্প দেখা যায়।

19. একখণ্ড বরফের মধ্যে একটু গর্ত ক'রে ঐ গর্তে জল রাখলে ইহা বরফে পরিণত হবে কি ?

উঃ না। ঐ জল তাপ বর্জন করে এবং বরফ তাপ গ্রহণ করে। এক সময় বরফ ও জলের উষ্ণতা সমান হয়। তখন জল থেকে লীন তাপ নির্গত হ'তে পারে না, কারণ উষ্ণতার পার্থক্য নেই। তাই গর্তের জল কখনও বরফে পরিণত হ'তে পারে না।

20. ভাত রান্না করার সময় হাঁড়ির মুখের ঢাকনা ভাল ভাবে বন্ধ ক'রলে ভাত তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয় কেন ?

উঃ এক্ষেত্রে হাঁড়ির ভিতরের বাষ্প বাইরে আসতে পারে না। ফলে জলের উপর চাপ বৃদ্ধি পায় এবং জলের স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়। কাজেই বেশি উষ্ণতায় ভাত তাড়াতাড়ি সিদ্ধ হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ—স্থিতি ও গতি

1. দ্রুতি ও বেগের পার্থক্য কি ? [M. Exam. 1981]

উঃ পৃঃ 61 দেখ।

2. অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কত ? [M. Exam. 1981, 1983]

উঃ সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 981 cm./sec^2 ।
এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 32 ft./sec^2 ।
এম্. কে. এস্. পদ্ধতিতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 9·8 metre/sec^2 ।

3. চলন্ত গাড়ি থেকে লাফ দিয়ে নামবার সময় গাড়ি যে দিকে চলে তার বিপরীত দিকে মুখ ক'রে নামা বিপজ্জনক কেন ? [M. Exam. 1976]

উঃ যাত্রী চলন্ত গাড়িতে থাকাকালীন গাড়ি যে দিকে যায় সেই দিকে গাড়ির গতি পায়। চলন্ত গাড়ি থেকে লাফ দিয়ে নামলে যাত্রীর পা ভূ-পৃষ্ঠে দেবার সঙ্গে সঙ্গে স্থির হয়, কিন্তু শরীরের ঊর্ধ্বাংশ গতি জড়তার জন্য গাড়ি যে দিকে যায় সে দিকে গতি বজায় রাখতে চায়। ফলে যাত্রী উল্টে পড়ে যায়।

4. একটি বাগানের চতুপার্শ্বস্থ রাস্তার মোট পরিমাণ 600 গজ। একটি লোক বাগানের চতুর্দিকে ঘুরে পূর্বস্থানে ফিরে এলো। তার মোট সরণ কত ? [M. Exam. 1976]

উঃ মোট সরণ শূন্য। কারণ এক্ষেত্রে লোকটির প্রাথমিক ও চূড়ান্ত অবস্থান একই।

5. বলের সংজ্ঞা কি ? [M. Exam. 1981]

উঃ 65 পৃঃ বলের সংজ্ঞা দেখ।

6. সি. জি. এস্. এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বলের এককগুলি কি ? [M. Exam. 1981]

উঃ পৃঃ 70 দেখ।

7. রকেটের কার্য প্রণালী সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1981]

উঃ পৃঃ 73 (6) নং দেখ।

8. আমি একটি বইকে ঠেললাম। তৃতীয় সূত্র অনুসারে বইও আমাকে বিপরীত দিকে ঠেলে। তাহ'লে বই নড়ে কি ক'রে ? [M. Exam. 1977]

উঃ এক্ষেত্রে বই যে তলে অবস্থিত সেই তল ও বই এর পৃষ্ঠের মধ্যে একটি ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি ঘটে। এই ঘর্ষণ বল বইকে নড়তে বাধা দেয়। প্রযুক্ত বল বৃদ্ধি ক'রলে এই ঘর্ষণ বলও একটি বিশেষ সীমা পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। এই সর্বোচ্চ পরিমাণ ঘর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি বল প্রয়োগ করা হ'লে বই সচল হয়।

9. 10 গ্রাম ভরের একটি বস্তু 5 cms/sec² ত্বরণ সহ চলে। ইহার উপর কত বল ক্রিয়া করে ? [M. Exam. 1982]

উঃ বল = ভর × ত্বরণ = $10 \times 5 = 50$ dynes.।

10. ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া কি একই বস্তুর উপর কাজ করে ?

উঃ না, ইহারা বিভিন্ন বস্তুর উপর কাজ করে। A বস্তু B বস্তুর উপর ক্রিয়া ক'রলে B বস্তু A বস্তুর উপর প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে।

11. থেমে থাকা একটি বাসের যাত্রী হঠাৎ বাস চ'লতে আরম্ভ ক'রলে কোন্ দিকে হেলে পড়ে ? কেন ?

উঃ পশ্চাৎ দিকে। স্থিতি জড়তার জন্য দেহের ঊর্ধ্বাংশ পশ্চাতে হেলে যায়।

12. একটি চলন্ত বৈদ্যুতিক পাখার সুইচ্ বন্ধ ক'রলেও ইহা কিছুক্ষণ চলে কেন ?

উঃ গতি জড়তার জন্য এইরূপ হয়।

13. একটি স্থির গাড়ির ভরবেগ কত ?

উঃ ভরবেগ = ভর × বেগ হওয়ায় এবং এক্ষেত্রে গাড়ির বেগ শূন্য হওয়ায় ইহার ভরবেগ শূন্য হয় ?

14. কোন লোক স্থির নৌকো থেকে তীরে লাফ দিলে নৌকোটি বিপরীত দিকে কিছুটা সরে যায় কেন ?

উঃ নৌকোর উপর প্রতিক্রিয়া বল ক্রিয়া করায় নৌকো বিপরীত দিকে কিছুটা সরে যায়।

15. একটি ট্রেনের বেগ কোন নির্দিষ্ট দিকে এক মিনিটে ঘণ্টায় 30 কিলোমিটার হইতে ঘণ্টায় 60 কিলোমিটার পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। ট্রেনটি ঐ সময় সমত্বরণে চলিলে ইহার ত্বরণ কত ? [M. Exam. 1982]

উঃ এক্ষেত্রে প্রাথমিক বেগ $u = 30$ কি. মি. / ঘণ্টা এবং চূড়ান্ত বেগ $v = 60$ কিমি. / ঘণ্টা ও সময় $t = 1$ মিনিট $= \frac{1}{60}$ ঘণ্টা।

$$\text{কাজেই, } f = \frac{60-30}{\frac{1}{60}} = 1800 \text{ কিমি./ঘণ্টা}^2$$

16. 5 গ্রাম ও 2 গ্রাম ভরের দু'টি বস্তুর উপরে একই বল কার্য ক'রলে প্রথমটির 2 সেমি./সে^{2} ত্বরণ সৃষ্টি হয়। দ্বিতীয়টির ত্বরণ কত হ'বে? [M. Exam. 1983]

উঃ বল = ভর × ত্বরণ হওয়ায় প্রথম বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল $= 5 \times 2 = 10$ ডাইন। এই বল দ্বিতীয় বস্তুর উপর ক্রিয়া ক'রে f সেমি/সে.^{2} ত্বরণ সৃষ্টি ক'রলে $10 = 2 \times f$, বা, $f = 5$ সেমি./সে.^{2}।

17. কোন টেবিলের উপর রাখা বইয়ের উপর কি কি বল কাজ করে?

উঃ বইয়ের উপর নীচের দিকে অভিকর্ষজ বল এবং উপর দিকে টেবিলের দ্বারা আরোপিত প্রতিক্রিয়া বল কাজ করে।

18. 1 গ্রাম ভর কত ডাইনের সমান? 32 পাউণ্ডাল কত পাউন্ড ভরের সমান?

উঃ অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g cm/sec^2 হ'লে 1 গ্রাম ভার = g ডাইন। 32 পাউন্ডাল = 1 পাউণ্ড-ভার।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ—কার্য, ক্ষমতা ও শক্তি

1. বলের বিরুদ্ধে কার্যের একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1980]

উঃ কোন ভারী বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে কিছুটা উপরে তুললে অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হয়।

2. যন্ত্র ব্যবহার ক'রে আমরা শক্তির বিচারে কি লাভবান হই? [M. Exem. 1979]

উঃ শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুসারে শক্তিকে সৃষ্টি করা যায় না এবং ধ্বংসও করা যায় না। বাস্তেই, যন্ত্র ব্যবহার ক'রে শক্তির বিচারে লাভবান হওয়া যায় না। যন্ত্র ঘর্ষণহীন হ'লে যন্ত্রের উপর কৃত কার্য যন্ত্রের দ্বারা কৃত কার্যের সমান হয়। সাধারণত যন্ত্রের দ্বারা কৃত কার্য যন্ত্রের উপর কৃত কার্য অপেক্ষা কম হয়।

3. দড়ি টানাটানি খেলায় উভয় পক্ষ সমান জোরে দড়ি টানলে কতটা কাজ করা হয়?

উঃ এক্ষেত্রে কোন কাজ করা হয় না।

4. দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত বিভিন্ন লিভারগুলির মধ্যে কয়েকটির নাম লেখ।

উঃ কাঁচি, জাঁতি, শাবল, চিমটা, দাঁড়িপাল্লা সাধারণ টিউবওয়েল, ইত্যাদি।

5. হাত কোন্ শ্রেণীর লিভার? ইহার আলম্ব কোথায় থাকে?

উঃ হাত তৃতীয় শ্রেণীর লিভার। ইহার আলম্ব কনুইয়ে থাকে।

6. সাধারণ তুলাদণ্ড কোন্ শ্রেণীর লিভার? ইহার যান্ত্রিক সুবিধা কত?

উঃ সাধারণ তুলাদণ্ড প্রথম শ্রেণীর লিভার। ইহার দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান হওয়ায় ইহার যান্ত্রিক সুবিধা 1।

7. জাঁতির কোথায় সুপারী রাখলে বেশি সুবিধা পাওয়া যায় ?

উঃ সুপারীকে যতবেশি আলম্বের কাছাকাছি রাখা হয় ততই ভার বাহুর দৈর্ঘ্য হ্রাস পায় এবং বেশি সুবিধা পাওয়া যায়।

8. চলন্ত ট্রেনের কামরায় একটি বলকে সোজা উপর দিকে ছুঁড়লে ইহা হাতে এসে প'ড়বে কি ?

উঃ হ্যাঁ, কারণ গতিজড়তার জন্য বল ট্রেনের সঙ্গে সমান বেগে গতিশীল থাকে।

9. সাধারণ নলকূপের হাতলের কোথায় হাত দিয়ে বল প্রয়োগ ক'রলে বেশি সুবিধা পাওয়া যায় ?

উঃ হাতলের শেষ প্রান্তে বল প্রয়োগ ক'রলে বেশি সুবিধা পাওয়া যায়। কারণ এর ফলে ক্ষমতা বাহু বেশি হয়।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ—তাপ

1. থার্মোমিটারের সেন্টিগ্রেড স্কেলে নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক কত ?
[M. Exam. 1978]

উঃ নিম্নস্থিরাঙ্ক 0°C এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 100°C।

2. কোন বস্তুর আপেক্ষিক তাপ ব'লতে কি বোঝায় ?
[M. Exam. 1981, 1982]

উঃ পৃঃ 108 দেখ।

3. তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 ব'লতে কি বোঝ তা লেখ।
[M. Exam. 1978]

উঃ সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 ব'লতে বোঝায় যে, 1 গ্রাম তামার 1°C উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে 0·09 ক্যালরি তাপের প্রয়োজন হয়। এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 ব'লতে বোঝায় যে, 1 lb তামার 1°F উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে 0·09 B. Th. U. তাপের প্রয়োজন হয়।

কাজেই সাধারণভাবে বলা যায় যে, একক ভরের তামার এক ডিগ্রি উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে 0·09 একক তাপের প্রয়োজন হয়।

4. বিশুদ্ধ জলের আপেক্ষিক তাপ কত ? [M. Exam. 1978]

উঃ এক।

5. এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি ও ফারেনহাইট ডিগ্রির মধ্যে সম্পর্ক কি।
[M. Exam. 1978]

উঃ এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি = $\frac{9}{5}$ টি ফারেনহাইট ডিগ্রি।

6. এক ক্যালরির সংজ্ঞা লেখ। [M. Exam. 1978]

উঃ সাধারণত এক গ্রাম বিশুদ্ধ জলের এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ক্যালরি বলে।

7. তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক কি ? [M. Exam. 1979]

উঃ এক একক তাপ উৎপন্ন ক'রতে যে পরিমাণ কার্যের প্রয়োজন হয় তাকেই তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক বলে।

8. এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি ফারেনহাইট স্কেলে কত ডিগ্রি বৃদ্ধির সমান। [M. Exam. 1919]

উঃ এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি = $\frac{9}{5}$ ডিগ্রি ফারেনহাইট উষ্ণতা বৃদ্ধি।

9. থার্মোমিটার প্রধানত কি কি স্কেলে ব্যবহার করা হয় ? স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এই সকল স্কেলে বিশুদ্ধ বরফের গলনাঙ্ক কত ?

উঃ সেন্টিগ্রেড বা সেলসিয়াস স্কেল এবং ফারেনহাইট স্কেল। 0°C এবং 32°F।

10. তাপ ও উষ্ণতা কি সমার্থক ?

উঃ না।

11. এক কাপ ফুটন্ত জলকে এক গামলা ঠাণ্ডা জলে ঢাললে তাপের প্রবাহ কিভাবে ঘটে ?

উঃ কাপের বেশি উষ্ণতার জল থেকে গামলার কম উষ্ণতার জলে তাপের প্রবাহ ঘটে।

12. জল ও তামার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 1 ও 0·09। 1 গ্রাম জল ও 1 গ্রাম তামাকে 50°C উত্তপ্ত ক'রতে কোন্ ক্ষেত্রে বেশি তাপ লাগবে ?

উঃ জলকে তাপ দিতে হবে $1 \times 1 \times 50 = 50$ ক্যালরি এবং তামাকে তাপ দিতে হবে $1 \times \cdot 09 \times 50 = 4{\cdot}5$ ক্যালরি। কাজেই জলের আপেক্ষিক তাপ বেশি হওয়ায় জলকে বেশি তাপ দিতে হয়।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ—আলোক

1. আলোক কি ? আলোক কিভাবে বিস্তার লাভ করে ? ইহার বিস্তারের জন্য কি মাধ্যমের প্রয়োজন হয় ?

উঃ একপ্রকার শক্তি। তরঙ্গাকারে। না।

2. আপতন কোণ 45° হ'লে প্রতিফলন কোণ কত হয় ? [M. Exam. 1976]

উঃ প্রতিফলন কোণ 45° হয়।

3. সমতল আয়নাতে যে প্রতিবিম্ব দেখা যায় তা সদ্ না অসদ্ ? [M. Exam. 1976]

উঃ অসদ্।

4. একটি সমতল দর্পণের সম্মুখে একটি বস্তু 5 সেন্টিমিটার দূরে রহিয়াছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে ? এখন দর্পণটিকে বস্তুর দিকে 2 সেন্টিমিটার সরানো হ'ল, প্রতিবিম্বটি কত দূরে সরে আসবে ? [M. Exam. 1983]

উঃ দর্পণের পশ্চাতে দর্পণ থেকে 5 সেন্টিমিটার দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

দর্পণকে বস্তুর দিকে 2 সেন্টিমিটার সরালে দর্পণ থেকে বস্তুর দূরত্ব 3 সেন্টিমিটার হয়। কাজেই, দর্পণের পশ্চাতে দর্পণ থেকে 3 সেন্টিমিটার দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। সুতরাং, প্রতিবিম্ব আগের অবস্থান থেকে দর্পণের দিকে 2 সেন্টিমিটার সরে। প্রথমে প্রতিবিম্ব ও বস্তুর পারস্পরিক দূরত্ব 10 সেন্টিমিটার ছিল। এখন এই দূরত্ব 6 সেন্টিমিটার।

5. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন কাকে বলে? ইহার একটি প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত দাও। [M. Exam. 1983, 1981, 1978, 1976]

উঃ আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে ঐ দুই মাধ্যমের বিভেদতলে আপতন বিন্দুতে অংকিত অভিলম্ব থেকে প্রতিসৃত রশ্মি দূরে সরে যায়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বড় হয়। আপতন কোণের মান বাড়ানো হ'লে প্রতিসরণ কোণের মানও বাড়তে থাকে যতক্ষণ না ইহার মান 90° হয়। এই অবস্থায় প্রতিসৃত রশ্মি দুই মাধ্যমের বিভেদতল ঘেঁসে যায়। আপতন কোণের মান আরও বাড়ানো হ'লে রশ্মি লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত না হ'য়ে পুনরায় ঘন মাধ্যমে সাধারণ প্রতিফলনের নিয়ম অনুসারে প্রতিফলিত হয়। এই ঘটনাকে আলোকের আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন বলে। আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত মরুভূমির মরীচিকা।

6. সাধারণ প্রতিফলনের সঙ্গে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের পার্থক্য কি?

উঃ (i) সাধারণ প্রতিফলনের জন্য প্রতিফলকের প্রয়োজন হয়। কিন্তু আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের জন্য প্রতিফলকের প্রয়োজন হয় না—দুই মাধ্যমের বিভেদ তল প্রতিফলকের কাজ করে।

(ii) যে কোন আপতন কোণের জন্য আলোক রশ্মির সাধারণ প্রতিফলন ঘটে। কিন্তু ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ দুই মাধ্যমের সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হ'লে তবেই আলোক রশ্মির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ঘটে।

(iii) সাধারণ প্রতিফলনে গঠিত প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা বেশি হয়।

7. আলোক লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে যাবার সময় আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন কখনই হ'তে পারে না কেন? [M. Exam. 1976, 1978]

উঃ লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে আলোকের প্রতিসরণ ঘটলে প্রতিসৃত রশ্মি দুই মাধ্যমের বিভেদ তলের উপর আপতন বিন্দুতে অংকিত অভিলম্বের দিকে সরে যায়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে আপতন কোণ প্রতিসরণ কোণ অপেক্ষা বড় হয়। আপতন কোণকে বাড়ালে প্রতিসরণ কোণও বাড়তে থাকে কিন্তু প্রতিসরণ কোণ 90° হবার আগেই আপতন কোণ 90° হ'য়ে যায়। তাই এইক্ষেত্রে পূর্ণ প্রতিফলন সম্ভব নয়।

8. আলোকের প্রতিসরণ কাকে বলে? [M. Exam. 1981, 1982, 1983]

উঃ পৃঃ 129 দেখ।

9. একটি চৌবাচ্চা জল ভর্তি থাকলে তার গভীরতা প্রকৃত গভীরতা অপেক্ষা কেন কম ব'ল মনে হয় তা চিত্রসহকারে বুঝিয়ে দাও।

[M. Exam. 1981]

উঃ 132 পৃঃ 'জলের গভীরতা কমে যাওয়া' দেখ।

10. আলোক রশ্মি সংকট কোণে আপতিত হ'লে প্রতিসরণ কোণ কত হবে?

[M. Exam. 1976]

উঃ প্রতিসরণ কোণ 90° হয়।

11. আলোকের গতিবেগ শূন্যস্থানে বেশি না কাচের ভিতর বেশি?

[M. Exam. 1976]

উঃ যে কোন জড় মাধ্যম অপেক্ষা শূন্যস্থানে আলোকের গতিবেগ বেশি। কাজেই, কাচ অপেক্ষা শূন্যস্থানে আলোকের গতিবেগ বেশি।

12. কাচের ভিতর বিভিন্ন রং এর আলোক রশ্মিগুলির গতিবেগ কি এক?

[M. Exam. 1976]

উঃ না। কাচের ভিতর বিভিন্ন রং এর আলোক রশ্মির গতিবেগ বিভিন্ন হয়। আলোকের বর্ণ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যর উপর নির্ভর করে। কাচে বেশি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সম্পন্ন আলোকের গতিবেগ কম তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সম্পন্ন আলোকের গতিবেগ অপেক্ষা বেশি হয়।

13. একই কোণে আপতিত লাল ও সবুজরশ্মি লঘুতর মাধ্যম থেকে ঘনতর মাধ্যমে প্রতিসৃত হ'লে কোন্ রশ্মির ক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ বেশি হবে তা লেখ।

[M. Exam. 1976]

উঃ বিভিন্ন বর্ণের আলোক রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হয়। লাল বর্ণের আলোকের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশি। একই মাধ্যম যুগলের জন্য আপতন কোণ যাই হোক না কেন, প্রতিসরণ কোণ আলোকের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে—তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যত বেশি হয় প্রতিসরণ কোণও তত বেশি হয়। কাজেই লাল রশ্মির ক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ সবুজ রশ্মির ক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ অপেক্ষা বেশি হয়।

14. আলোক রশ্মি কাচ থেকে বায়ুতে আসছে ; কখন আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হবে?

[M. Exam. 1980]

উঃ কাচ ও বায়ুর সংকট কোণ অপেক্ষা কাচ মাধ্যমে রশ্মির আপতন কোণ বেশি হ'লে ইহার আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ঘটবে।

15. একটি উত্তল লেন্স ও একটি মিটার স্কেল দেওয়া হ'লে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কিভাবে নির্ণয় ক'রবে? [M. Exam. 1981, 1982]

উঃ 148 পৃঃ 'দূরবর্তী বস্তুর প্রতিবিম্ব ও ফোকাস দূরত্ব' দেখ।

16. কোন বস্তুকে উত্তল লেন্স থেকে কতদূরে রাখলে ইহার প্রতিবিম্ব সদ্ হবে ? [M. Exam. 1976, 1982]

উঃ লেন্স থেকে উহার ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা বেশি দূরে বস্তুকে রাখলে বা উহার ফোকাসে বস্তুকে রাখলে বস্তুর সদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

17. উত্তল লেন্সকে আমাদের কাজে লাগানো হ'য়েছে এইরূপ দু'টি উদাহরণ দাও। এই দু'টি ক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ এবং প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা বড় না ছোট ? [M. Exam. 1977]

উঃ (i) উত্তল লেন্সকে দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য তৈরীর কাজে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব সদ্, অবশীর্ষ এবং বস্তু অপেক্ষা সাইজে ছোট হয়।

(ii) অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র তৈরীর কাজে উত্তল লেন্সকে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব অসদ্, সমশীর্ষ এবং বস্তু অপেক্ষা সাইজে বড় হয়।

18. নিম্নলিখিত অক্ষরগুলির মধ্যে কোন্‌গুলির সমতল দর্পণে পাশ্বীয় পরিবর্তন হয় না ব'লে মনে হয়—DAPMN. [M. Exam. 1977]

উঃ A এবং M এর পাশ্বীয় পরিবর্তন হয় না ব'লে মনে হয়। অপর অক্ষরগুলির পাশ্বীয় পরিবর্তন হ'তে দেখা যায়।

19. শূন্যে আলোকের গতিবেগ কত ? লাল আলো ও নীল আলো—ইহাদের গতিবেগ কি সমান ? কাচের মধ্যেও কি সমান ? যদি না হয় তবে কোন্‌টির গতিবেগ বেশি ? [M. Exam. 1977, 1978]

উঃ শূন্যে আলোকের গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে 1,86,285 মাইল বা $2{\cdot}9974 \times 10^{10}$ সেন্টিমিটার প্রতি সেকেন্ডে। শূন্য মাধ্যমে লাল আলোক ও নীল আলোকের গতিবেগ সমান। কিন্তু কাচের মধ্যে ইহাদের গতিবেগ সমান নয়। কাচ মাধ্যমে লাল আলোকের গতিবেগ বেশি।

20. কোন বস্তুকে উত্তল লেন্স থেকে কত দূরে রাখলে ইহার প্রতিবিম্ব অসদ্ হয় ? এই প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা ছোট না বড় হয় ?

[M. Exam. 1978, 1982]

উঃ কোন বস্তুকে উত্তল লেন্স থেকে ইহার ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা কম দূরত্বে রাখলে ইহার প্রতিবিম্ব অসদ্ হয়। এই প্রতিবিম্ব বস্তু অপেক্ষা সাইজে বড় হয়।

21. সমতল দর্পণ থেকে 5 cm. দূরে একটি বস্তু রাখলে ইহার প্রতিবিম্ব কোথায় থাকে ? এই প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ হয় ? [M. Exam. 1978]

উঃ প্রতিবিম্ব দর্পণের পশ্চাতে দর্পণ থেকে 5 cm. দূরে অবস্থিত হয়। এই প্রতিবিম্ব অসদ্ হয়।

22. ঘষা কাচ থেকে আলোকের প্রতিফলন সুষম না বিক্ষিপ্ত ?

[M. Exam. 1978]

উঃ ঘষা কাচের পৃষ্ঠ অমসৃণ হওয়ায় এই কাচ থেকে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন ঘটে।

23. কোন আলোক রশ্মি সমতল দর্পণে লম্বভাবে আপতিত হ'য়ে প্রতিফলিত হ'ল ; প্রতিফলন কোণ কত ?

উঃ এক্ষেত্রে আপতন কোণের মান শূন্য হওয়ায় প্রতিফলন কোণের মানও শূন্য হয়।

24. লাল আলোকের একটি রশ্মি ও হলুদ আলোকের একটি রশ্মি একই পথে বায়ু থেকে কাচে প্রবেশ ক'রল। কোন্ রশ্মি বেশি বেঁকে যাবে ?

[M. Exam. 1978]

উঃ হলুদ আলোকের প্রতিসরণ কোণ অপেক্ষা লাল আলোকের প্রতিসরণ কোণ বেশি হয়। সুতরাং হলুদ রশ্মি বেশি বেঁকে যায়।

25. কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 ব'লতে কি বোঝায় ?

উঃ $\dfrac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}}{\text{কাচ মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}} = 1 \cdot 5$ ।

26. সিনেমার পর্দায় যে প্রতিবিম্ব হয় তা সদ্ না অসদ্ ?

উঃ সদ্ প্রতিবিম্ব।

27. বিবর্ধক লেন্সের সাহায্যে বই পড়তে হ'লে বই এর পাতা থেকে লেন্সকে কতদূর রাখা প্রয়োজন ? এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব সদ্ না অসদ্ হয় ?

[M. Exam. 1977]

উঃ বই এর পাতা থেকে লেন্সকে ইহার ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা কম দূরত্বে রাখতে হয়। তাহ'লে প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত ও সমশীর্ষ হয় এবং সহজে বই পড়া যায়। লেন্সকে ইহার ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা বেশি দূরে রাখলে প্রতিবিম্ব অবশীর্ষ হয় এবং বই এর লেখা পড়া যায় না। আবার লেন্সকে ইহার ফোকাস দূরত্বের সমান দূরত্বে রাখলে প্রতিবিম্ব অসীমে গঠিত হয় ও বই এর লেখা স্পষ্ট দেখা যায় না।
এক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব অসদ্ হয়।

28. একটি সমতল দর্পণের সামনে দাঁড়িয়ে তোমার ডান হাত দিয়ে তোমার বাঁ কান ছুঁলে প্রতিবিম্বে কি দেখবে ?

[M. Exam. 1979]

উঃ সমতল দর্পণের প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন ঘটায় এক্ষেত্রে আমি বাঁ হাত দিয়ে ডান কান ছুঁতে দেখব।

29. তোমাকে একটি উত্তল ও একটি অবতল লেন্স দেওয়া হ'ল। স্পর্শ ক'রে কোন্‌টি কোন্ লেন্স কিভাবে বুঝবে ? ইহাদের মধ্যে কোন্ লেন্সের সাহায্যে সমান্তরাল আলোক রশ্মি পাওয়া সম্ভব ? কি ভাবে ?

[M. Exam. 1979]

উঃ যে লেন্সের মধ্যস্থল মোটা এবং প্রান্তের দিক ক্রমশ সরু সেটি উত্তল লেন্স। যে লেন্সের মধ্যস্থল সরু এবং প্রান্তের দিক ক্রমশ মোটা সেটি অবতল লেন্স। উত্তল লেন্স। উত্তল লেন্সের ফোকাসে আলোক উৎস রাখলে এই উৎস থেকে নির্গত আলোক রশ্মি লেন্সে প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরালে নির্গত হয় অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়।

30. কোন্ লেন্স বিবর্ধক কাচ হিসাবে ব্যবহৃত হয়? বস্তুকে কোথায় রাখতে হয়?

উঃ উত্তল লেন্স। বস্তুকে লেন্সের আলোক কেন্দ্র ও ফোকাসের মধ্যে রাখতে হয়।

31. ক্যামেরায়, টেলিস্কোপে ও মাইক্রোস্কোপে কি ধরনের লেন্স ব্যবহৃত হয়?

উঃ উত্তল লেন্স।

32. একটি লেন্সকে একটি দেওয়ালের সামনে 10 সে. মি. দূরে ধরা হ'লে একটি দূরের বস্তুর উল্টানো প্রতিবিম্ব দেওয়ালের উপরে ভালভাবে ফোকাসিত হয়। লেন্সটি কি ধরনের এবং ইহার ফোকাস দূরত্ব কত?
[M. Exam. 1983]

উঃ উত্তল লেন্স। ইহার ফোকাস দূরত্ব 10 সে. মি.।

33. বেগুনি আলোকে ও লাল আলোকের মধ্যে কোন্‌টির প্রতিসরণ বেশি হয়?

উঃ বেগুনি আলোকের।

34 আলোকের বর্ণালী কিভাবে গঠিত হয়?
[M. Exam. 1981, 1982, 1983, 1985]

উঃ একটি প্রিজমকে হলুদ বর্ণের রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি অবস্থানে বসানো হয়। এই প্রিজমের দু'পাশে দুটি উত্তল লেন্স রাখা হয়। একপাশের উত্তল লেন্সের ফোকাসে একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়ে আগত সাদা আলোক রশ্মিগুচ্ছ লেন্সে প্রতিসরণের পর সমান্তরাল রশ্মি গুচ্ছে পরিণত হয়। এই সমান্তরাল রশ্মি গুচ্ছ প্রিজমে পড়ে বিচ্ছুরিত হয়। অপর পাশের লেন্সের ফোকাসতলে একটি পর্দা রাখা হয়। এই লেন্স বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে পর্দায় পৃথক পৃথক ভাবে কেন্দ্রীভুত করে। কাজেই পর্দায় বর্ণালী গঠিত হয়।

35. কোন্ মাধ্যমে সব রং এর আলোক সমান বেগে চলে।

উঃ বিচ্ছুরক নয় এমন যে কোন মাধ্যমে। যেমন বায়ু মাধ্যমে।

তৃতীয় অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ—পদার্থ : অবস্থা, ধর্ম, পরিবর্তন, শ্রেণীবিভাগ

1. নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি ভৌত না রাসায়নিক কারণসহ উল্লেখ কর,—
[M. Exam. 1976, '78, '79, '82, '83, '85]

(i) লোহার চুম্বকীকরণ, (ii) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ, (iii) এক টুকরো কাঠ কয়লা বায়ুতে উত্তপ্ত করা হ'ল, (iv) প্লাটিনাম তারকে উত্তপ্ত করা হ'ল, (v) এক টুকরো চুনকে জলে নিক্ষেপ করা হ'ল (vi) জলকে বরফে পরিণত করা হল, (vi) জল ও চিনিকে পৃথকভাবে তাপ দেওয়া হ'ল (vii) একটুকরো লোহাকে জলীয় আবহাওয়ায় কিছুদিন রাখা হ'ল, (ix) একটি তামার তারকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হ'ল।

উঃ (i) একটি লোহার দণ্ডকে চুম্বক দিয়ে ঘষলে ইহা চুম্বকে পরিণত হয়, কিন্তু চুম্বকও লোহা। চুম্বককে কয়েকবার আছাড় দিলে ইহার চুম্বকত্ব নষ্ট হয়। চুম্বকে পরিণত হওয়ার ফলে লোহার ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(ii) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হ'লে জল বিশ্লিষ্ট হয়ে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলিক পদার্থ, কিন্তু জল যৌগিক পদার্থ এবং জলের ধর্ম হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। এক্ষেত্রে জলের অণুর পরিবর্তন হ'য়ে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু গঠিত হয়। কাজেই ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(iii) কাঠ কয়লাকে বায়ুতে উত্তপ্ত ক'রলে গ্যাস, ছাই ইত্যাদি পাওয়া যায়। কাজেই, ইহা নতুন পদার্থে পরিণত হয়। এই পরিবর্তন স্থায়ী এবং এই পরিবর্তনের সময় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। আবার যে ছাই পাওয়া যায় তার ওজন কাঠ কয়লার ওজনের তুলনায় কম হয়। কারণ কয়লার অণু ভেঙে নতুন পদার্থের নতুন অণু গঠিত হয়। কাজেই ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(iv) প্লাটিনাম তারকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করা হ'লে ইহা প্রথমে লাল হয় এবং পরে উজ্জ্বল সাদা হ'য়ে জ্বলতে থাকে। এই তারকে ঠাণ্ডা করা হ'লে ইহা আগের অবস্থায় ফিরে আসে, ইহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে এবং নতুন কোন পদার্থ গঠিত হয় না। কাজেই, ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(v) এক্ষেত্রে চুন গরম হ'য়ে ফুটে ওঠে এবং একটি নতুন পদার্থে পরিণত হয়। ইহা চুনের হাইড্রক্সাইড। ফুটানো চুনের ওজন বাড়ে এবং তাপের উদ্ভব ঘটে। সুতরাং, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(vi) জলকে বরফে পরিণত ক'রলে ইহার ওজনের এবং অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

(vii) জলকে তাপ দিলে ইহা বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে ইহার ওজন এবং অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং ইহা ভৌত পরিবর্তন।

চিনিকে উত্তপ্ত ক'রলে ইহা কালো কার্বন ও জল গঠন করে। ইহাদের ধর্ম চিনির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা। আবার কার্বন ও জল থেকে চিনি ফিরে পাওয়া যায় না। সুতরাং এই পরিবর্তন স্থায়ী। ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(viii) এক্ষেত্রে লোহায় বাদামী বর্ণের মরিচা পড়ে। এই মরিচা Fe_2O_3, xH_2O যা লোহার চেয়ে ভারী এবং চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। ইহার উৎপাদনে সামান্য তাপ উৎপন্ন হয়। ইহাকে সহজে লোহায় পরিণত করা যায় না। কাজেই ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(ix) উত্তপ্ত তামার তারকে ঠাণ্ডা ক'রলে কালো রঙের নতুন পদার্থ CuO পাওয়া যায়। ইহা তামার চেয়ে ভারী এবং উৎপন্ন হওয়ার সময় তাপ সৃষ্টি করে। ইহাকে সহজে তামায় পরিণত করা যায় না। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

2. (i) চাল হইতে মুড়ি প্রস্তুত করা হ'ল ; এবং

(ii) প্লাটিনাম তারকে তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা রক্তিমাভ উত্তপ্ত করা হ'ল।

উপরি উক্ত পরিবর্তনগুলি ভৌত না রাসায়নিক পরিবর্তন তা কারণসহ উত্তর দাও। [M Exam. 1981]

উঃ (i) মুড়ি সম্পূর্ণ নতুন পদার্থ। মুড়ির ধর্ম চালের ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। সহজ উপায়ে মুড়িকে চালে পরিণত করা যায় না। কাজেই, ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(ii) তারটিকে ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা আগের অবস্থায় ফিরে আসে, ইহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে এবং নতুন কোন পদার্থ গঠিত হয় না। কাজেই, ইহা ভৌত পরিবর্তন।

3. একটিমাত্র ভৌত ধর্মের সাহায্যে নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে সনাক্ত করা যায়—কেরোসিন, অ্যালকোহল ? [M. Exam. 1981]

উঃ কেরোসিন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত এবং অ্যালকোহল মিষ্ট গন্ধযুক্ত।

4. কেবলমাত্র সংস্পর্শে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়, ইহার একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1977, '79]

উঃ এক টুকরো সোডিয়াম জলের সংস্পর্শে এলে জ্বলে ওঠে এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$.

5. স্বাভাবিক উষ্ণতায় সংস্পর্শে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এমন একটি উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1981]

উঃ এক টুকরো আয়োডিনের পাশে এক টুকরো ফসফরাস রেখে দিলে কিছু হয় না। কিন্তু ফসফরাসের সঙ্গে আয়োডিনের সংস্পর্শ ঘটলেই ফসফরাস জ্বলে ওঠে এবং ফসফরাস আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

6. জলে চিনি দ্রবীভূত ক'রলে কি পরিবর্তন হয়?

উঃ ভৌত পরিবর্তন। কারণ বাষ্পীভূত ক'রে সহজেই চিনিকে ফিরে পাওয়া যায়।

7. চুনের জলে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস চালনা ক'রলে কি হয়? ইহা কি পরিবর্তন?

উঃ চুনের জল ঘোলা হয়ে যায় কারণ চুনের জলের সঙ্গে কার্বন ডাইঅক্সাইড বিক্রিয়া ক'রে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করে। ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

8. বিভিন্ন গন্ধবিশিষ্ট দু'টি বর্ণহীন গ্যাসের নাম বল এবং বিশিষ্ট গন্ধের উল্লেখ কর যার সাহায্যে গ্যাস দু'টিকে সনাক্ত করা যেতে পারে। [M. Exam. 1977]

উঃ অ্যামোনিয়া ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। হাইড্রোজেন সালফাইড পচা ডিমের মত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস।

9. অনুঘটকের সাহায্যে প্রভাবিত হয় এমন দু'টি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর। সংশ্লিষ্ট অনুঘটকগুলির নাম কর। [M. Exam. 1979]

উঃ পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুত করার সময় ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডকে অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়।

সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। কিন্তু ইহার সহিত সামান্য পরিমাণ ফসফরিক অ্যাসিড মিশিয়ে দিলে এই বিশ্লেষণের গতি হ্রাস পায়। এক্ষেত্রে ফসফরিক অ্যাসিড অনুঘটকের কাজ করে।

10. একটি তাপ-উৎপাদক ও একটি তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1977, 1983]

উঃ কার্বন + অক্সিজেন → কার্বন ডাইঅক্সাইড + তাপ
ইহা তাপ-উৎপাদক বিক্রিয়া
নাইট্রোজেন + অক্সিজেন → নাইট্রিক অক্সাইড − তাপ
ইহা তাপ-গ্রাহী বিক্রিয়া।

11. (i) কয়লা পোড়ানো হ'ল; এবং
(ii) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট জলে দ্রবীভূত করা হ'ল। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি তাপদায়ী ও কোন্‌টি তাপশোষক পরিবর্তন। [M. Exam. 1981]

উঃ (i) বায়ুতে কয়লা পোড়ানো হ'লে তাপ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$C + O_2 = CO_2 + 94,000$ ক্যালরি। ইহা তাপদায়ী পরিবর্তন।

(ii) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে জলে দ্রবীভূত করা হ'লে জল ঠাণ্ডা হয়। কাজেই, এক্ষেত্রে তাপ শোষিত হয়। ইহা তাপশোষক পরিবর্তন।

12. এমন দু'টি ধাতুর নাম কর যারা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয়।

উঃ লোহা ও নিকেল।

13. একটি তরল ধাতু, একটি তরল ও একটি কঠিন অধাতুর নাম বল।

উঃ পারদ তরল ধাতু, ব্রোমিন তরল অধাতু এবং আয়োডিন কঠিন অধাতু।

14. তড়িতের পরিবাহী এমন একটি অধাতুর নাম বল।

উঃ গ্রাফাইট।

15. (i) একটি তড়িৎ ধনাত্মক অধাতু এবং (ii) স্বাভাবিক উষ্ণতায় তরল একটি ধাতুর নাম কর। [M. Exam. 1981]

উঃ (i) হাইড্রোজেন তড়িৎ ধনাত্মক অধাতু

(ii) পারদ স্বাভাবিক উষ্ণতায় তরল ধাতু।

16. শব্দ দ্বারা সংঘটিত হয় এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার নাম কর।

উঃ অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মধ্যে প্রচণ্ড শব্দ ক'রলে ইহা বিশ্লিষ্ট হ'য়ে হাইড্রোজেন ও কার্বনে পরিণত হয়।

17. একটি ধনাত্মক তড়িৎ ধর্মী অধাতুর নাম বল।

উঃ হাইড্রোজেন।

18. গন্ধক, সোডিয়াম, সোনা, ফসফরাস ইহাদের কোন্‌গুলি ধাতু, কোন্‌গুলি অধাতু? [M. Exam. 1980]

উঃ সোডিয়াম ও সোনা ধাতু এবং গন্ধক ও ফসফরাস অধাতু।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ—দ্রবণ : দ্রাবক ও দ্রাব

1. অসংপৃক্ত দ্রবণের সংজ্ঞা লিখ। [M. Exam. 1981, 1982]

উঃ 183 পৃষ্ঠা দেখ।

2. সাধারণ উষ্ণতায় তুঁতের একটি সংপৃক্ত দ্রবণ কিভাবে তৈরি ক'রবে? এই দ্রবণটি সংপৃক্ত হ'ল কিনা তা কিরূপে নির্ণয় করবে? দ্রবণটি ঠাণ্ডা ক'রলে কি হবে? [M. Exam. 1976, '77]

উঃ একটি বীকারে কিছু পরিমাণ জল নিয়ে ধীরে ধীরে ইহাতে তুঁতে মেশালে তুঁতে দ্রবীভূত হ'তে থাকে এবং এক সময়ে দেখা যায় যে, তুঁতে আর দ্রবীভূত হয় না, বীকারের তলায় থিতিয়ে পড়ে। সুতরাং বোঝা যায় যে ঐ পরিমাণ জলে সাধারণ উষ্ণতায় সর্বোচ্চ পরিমাণ তুঁতে দ্রবীভূত হ'য়েছে। কাজেই, এই দ্রবণ ঐ উষ্ণতায় জলে তুঁতের সংপৃক্ত দ্রবণ।

এই দ্রবণে অল্প পরিমাণ তুঁতে মেশালে ইহা আদৌ দ্রবীভূত হয় না, ইহার পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং দ্রবণটি সংপৃক্ত।

দ্রবণকে ঠাণ্ডা ক'রলে দ্রবীভূত তুঁতের কিছু অংশ বীকারের তলায় থিতিয়ে পড়ে।

3. ঘরের তাপমাত্রায় চিনির সংপৃক্ত দ্রবণে আরও অল্প পরিমাণ চিনি দিয়া নাড়িলে কি হইবে ? এখন ঐ দ্রবণের তাপমাত্রা বাড়াইলে কি হইবে ? [M. Exam. 1982]

উঃ চিনি গলবে না পাত্রের তলায় প'ড়ে থাকবে। দ্রবণের তাপমাত্রা বাড়ালে ইহা অসম্পৃক্ত হ'য়ে যায়। ফলে চিনি গলে যায়।

4. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়, হ্রাস পায় এবং প্রায় একই থাকে এইরূপ তিনটি পদার্থের নাম লেখ।

উঃ উষ্ণতা বৃদ্ধিতে পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়, সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা পর্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তারপর উষ্ণতা বৃদ্ধি ক'রলে ইহার দ্রাব্যতা হ্রাস পায়, সাধারণ লবণের দ্রাব্যতা প্রায় একই থাকে।

5. 40°C উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা 40। এই উষ্ণতায় লবণের একটি সংপৃক্ত দ্রবণের 100 গ্রাম বিশুষ্ক ক'রলে কত পরিমাণ লবণ পাওয়া যায় ? [M. Exam. 1977]

উঃ $\text{দ্রাব্যতা} = \frac{\text{দ্রাবের ওজন (গ্রামে)}}{\text{দ্রাবকের ওজন (গ্রামে)}} \times 100$

দ্রাবের ওজন x গ্রাম হ'লে দ্রাবকের ওজন $= (100 - x)$ গ্রাম।

অতএব, $40 = \frac{x}{100 - x} \times 100$ বা $x = 28{\cdot}57$ গ্রাম।

6. তোমাকে একটি অসংপৃক্ত সাধারণ লবণের দ্রবণ দেওয়া হ'ল। আর অধিক লবণ না মিশিয়ে উক্ত দ্রবণকে সংপৃক্ত করার দু'টি পদ্ধতি উল্লেখ কর। [M. Exam. 1979]

উঃ (i) দ্রবণের উষ্ণতা কমাতে থাকলে ইহা এক সময়ে সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

(ii) দ্রবণকে ফুটিয়ে কিছু পরিমাণ জলকে বাষ্পীভূত ক'রে ঠাণ্ডা ক'রলে ইহা সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

7. এমন একটি গ্যাসের নাম লেখ যা জলে অধিক পরিমাণে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

উঃ কার্বন ডাইঅক্সাইড। ইহার জলীয় দ্রবণ কার্বনিক অ্যাসিড। কাজেই, ইহা অম্লধর্মী।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ—চিহ্ন, সংকেত ও সমীকরণ

1. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি ব্যালান্স কর :— [M. Exam. 1976, '78, '79]

(i) $H_2SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$;

(ii) $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$;

(iii) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$;

(iv) $Zn + NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$; [M. Exam. 1983]

(v) $Fe_2O_3 + HCl \rightarrow FeCl_3 + H_2O$;

(vi) $Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$;

(vii) $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$; (viii) $ZnO + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$;

উঃ (i) $2H_2SO_4 + Cu = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$;

(ii) $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$;

(iii) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$;

(iv) $Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$;

(v) $Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$;

(vi) $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$;

(vii) $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$; (viii) $ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$.

2. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি ব্যালান্স কর :—

(i) $Fe + H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + H_2$ (ii) $P + O_2 \rightarrow P_2O_5$

(iii) $Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$ [M. Exam. 1981]

উঃ (i) $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$ (ii) $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

(iii) $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$

3. নিম্নলিখিত অসম্পূর্ণ অথবা ত্রুটিপূর্ণ সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ অথবা সংশোধন কর। [M. Exam. 1976. 1983]

(i) $Al + 3Cl = AlCl_3$; (ii) $MnO_2 + HCl = MnCl_2 + - + H_2O$.

(iii) $C + HNO_3 \rightarrow \cdots + NO_2 + H_2O$.

উঃ (i) $2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$;

(ii) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$.

(iii) $C + 2HNO_3 = CO + 2NO_2 + H_2O$.

4. $H_2 + Cl_2 = 2HCl$. এই সমীকরণের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1978]

উঃ পৃঃ 201 দেখ।

5. এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেন বিক্রিয়া ক'রে দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার পর আয়তনের সংকোচন না প্রসারণ ঘটে ?

উঃ সংকোচন।

6. একাধিক যোজ্যতা আছে এমন দু'টি মৌলের নাম বল।

উঃ নাইট্রোজেন, আয়রন।

7. এক যোজ্যতা, দুই যোজ্যতা ও তিন যোজ্যতা সম্পন্ন একটি ক'রে মৌল ও মূলকের নাম লেখ।

উঃ যোজ্যতা এক : মৌল—হাইড্রোজেন ; মূলক—হাইড্রক্সিল।
যোজ্যতা দুই : মৌল—অক্সিজেন ; মূলক—সালফেট।
যোজ্যতা তিন : মৌল—অ্যালুমিনিয়াম ; মূলক—ফসফেট।

8. মৌলের যোজ্যতা কি ভগ্নাংশ হয় ?

উঃ না।

9. O এবং 2O ইহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ব্যাখ্যা কর। [M. Exam. 1979]

উঃ O একটি মুক্ত অক্সিজেন পরমাণু এবং 2O দু'টি মুক্ত অক্সিজেন পরমাণু যারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত নয়।

10. সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অণুর মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা কত ? [M. Exam. 1976]

উঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অণুতে দু'টি হাইড্রোজেন, একটি সালফার ও চারটি অক্সিজেন পরমাণু আছে। সুতরাং পরমাণুর মোট সংখ্যা 7।

11. Cl_2 ও 2Cl ইহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ? [M. Exam. 1978]

উঃ Cl_2—একটি ক্লোরিন অণু। ইহাতে দু'টি ক্লোরিন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত। ইহা ক্লোরিনের সংকেত।

2Cl—দুটি মুক্ত ক্লোরিন পরমাণু।

12. H_2O এই সংকেতটি থেকে আমরা কি তথ্য জানতে পারি ? [M. Exam. 1983]

উঃ আমরা জানতে পারি যে,

(i) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয়।

(ii) একটি হাইড্রোজেন অণু অর্ধ অণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে এক অণু জল গঠন করে।

(iii) ওজন অনুপাতে (2×1) ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে 18 ভাগ ওজনের জল উৎপন্ন করে।

(iv) আয়তন হিসেবে এক ভাগ আয়তন হাইড্রোজেন অর্ধ ভাগ আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হ'য়ে এক ভাগ আয়তন জল উৎপন্ন করে।

আরো জানা যায় যে, বিক্রিয়ার আগে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট পরমাণু সংখ্যা ও ওজন এবং বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন পদার্থের মোট পরমাণু সংখ্যা ও ওজন সমান হয়।

13. 130·8 গ্রাম দস্তা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ক'রলে কত গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন ক'রবে ? $(Zn = 65{\cdot}4)$ [M. Exam. 1981]

উঃ আমরা জানি যে, $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65·4 গ্রাম 2 গ্রাম

কাজেই, 65·4 গ্রাম জিঙ্ক থেকে পাওয়া যায় 2 গ্রাম হাইড্রোজেন

$\therefore$ 1 " " " " " $\frac{2}{65{\cdot}4}$ "

$\therefore$ 130·8 " " " " " $\frac{2 \times 130{\cdot}8}{65{\cdot}4}$ "

= 4 গ্রাম হাইড্রোজেন

চতুর্থ পরিচ্ছেদ—তড়িৎ-বিশ্লেষণ

1. দু'টি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের এবং দু'টি তড়িৎ-অবিশ্লেষ্যের নাম লেখ।
[M. Exam. 1974, '79]

উঃ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইড, কপার সালফেট।
তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য ঃ পেট্রোল, ইউরিয়া।

2. শূন্যস্থান পূর্ণ কর ঃ— [M. Exam. 1977]
চিনির জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ — কিন্তু লবণের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ —।

উঃ [অপরিবাহী, পরিবাহী]

3. সোডিয়াম ক্লোরাইড, স্বর্ণ, পারদ ও ইথাইল অ্যালকোহল—ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও কোন্‌টি তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য ?
[M. Exam. 1982]

উঃ সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং স্বর্ণ, পারদ ও ইথাইল অ্যালকোহল তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য।

4. দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ কিসের মাধ্যমে ঘটে ?

উঃ আয়ন প্রবাহের মাধ্যমে।

5. কপার সালফেটের দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ ক'রলে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ?

উঃ ক্যাথোডে ধাতব কপার জমা হয়। অ্যানোড কপার দ্বারা তৈরি হ'লে ধাতব কপার আয়ন রূপে দ্রবণে আসে। কিন্তু অ্যানোড অপর কোন পদার্থের তৈরি হ'লে অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

6. জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে কি কি গ্যাস কোথায় উৎপন্ন হয় ? ইহাদের আয়তনের অনুপাত কত ?

উঃ অ্যানোডে অক্সিজেন এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।
হাইড্রোজেন ঃ অক্সিজেন = 2 ঃ 1

7. কাঠের উপর তড়িৎ লেপন সম্ভব কি ?

উঃ না, কারণ কাঠ তড়িতের অপরিবাহী।

8. একটি চামচে রূপোর আস্তরণ ফেলতে কি দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহার ক'রবে ? চামচকে কোন্‌ তড়িৎ দ্বারের সঙ্গে যুক্ত ক'রবে ?

উঃ পটাসিয়াম আর্জেন্টো সায়ানাইড দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহার ক'রতে হবে। চামচকে ক্যাথোডের সঙ্গে যুক্ত ক'রতে হবে।

9. কোন দ্রব্যের উপর নিকেলের প্রলেপ দিতে হ'লে কি তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহার ক'রবে ? কোন্‌ কোন্‌ দ্রব্যকে ক্যাথোড ও অ্যানোড হিসেবে ব্যবহার ক'রবে ?

উঃ নিকেল অ্যামোনিয়াম সালফেটের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসেবে, দ্রবণটিকে ক্যাথোড হিসেবে এবং নিকেল দণ্ডকে অ্যানোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

10. তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থকে কোন্‌ অবস্থায় থাকতে হবে ? কঠিন, তরল, গ্যাসীয়। [M. Exam. 1982]

উঃ তরল।

11. লোহা, কাঠ, রাবার, লবণ, তামা এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—ইহাদের মধ্যে কোন্ কোন্‌গুলি তড়িৎ পরিবাহী, তড়িৎ অপরিবাহী এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্য ? [M. Exam. 1983]

উঃ তড়িৎ পরিবাহী : লোহা, তামা।
তড়িৎ অপরিবাহী : কাঠ, রাবার।
তড়িৎ বিশ্লেষ্য : লবণ, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ—অম্ল, ক্ষারক, লবণ : প্রশমন

1. হাইড্রোজেন যুক্ত সকল যৌগ কি অ্যাসিড ?

উঃ না। যদি যৌগের জলীয় দ্রবণে ধাতু বা ধাতুর সমগোত্রীয় যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন আয়ন থাকে তাহ'লে যৌগটি অ্যাসিড, তা নাহ'লে ইহা অ্যাসিড নয়।

2. সকল ক্ষারক-কে কি ক্ষার বলা যায় ?

উঃ না। কারণ সকল ক্ষারক জলে দ্রবীভূত হয় না।

3. যে কোন অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে কোন্ সাধারণ আয়ন উৎপন্ন করে ?

উঃ হাইড্রোজেন আয়ন।

4. যে কোন ক্ষার জলীয় দ্রবণে কোন্ সাধারণ আয়ন উৎপন্ন করে ?

উঃ হাইড্রক্সিল আয়ন।

5. লবণ কাকে বলে ? [M. Exam. 1981]

উঃ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুর সমগোত্রীয় কোন যৌগমূলক দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হ'য়ে যে যৌগ গঠন করে তাকে লবণ বলে।

6. চুন, চুনের জল, তুঁতে ও সালফার ডাইঅক্সাইড—ইহার মধ্যে কোন্‌টি ক্ষার, কোন্‌টি লবণ ও কোন্‌টি অম্ল জাতীয় ?

উঃ চুন—ক্ষার। কারণ ইহা জলে দ্রবীভুত হয় এবং জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। চুনের জল—ক্ষারক।

তুঁতে—লবণ। ইহা কপার ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয় বা অম্লজাতীয় নয়।

সালফার ডাইঅক্সাইড—ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড। কারণ ইহা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে অ্যাসিড উৎপন্ন করে যা নীল লিটমাসকে লাল করে।

7. প্রশমন ব'লতে কি বোঝ ? [M. Exam. 1980, 1985]

উঃ পৃষ্ঠা 217 দেখ।

8. একটি বোতলে কস্টিক সোডা দ্রবণ, আর একটিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড এবং অপরটিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ আছে। কেবলমাত্র একটি লিটমাস কাগজের সাহায্যে কোন্ বোতলে কি আছে কিভাবে প্রমাণ ক'রবে ? [M. Exam. 1980, 1983]

উঃ লিটমাসের বর্ণ অ্যাসিডে লাল, ক্ষারে নীল হয়। কিন্তু লবণের দ্রবণে ইহার বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় না। কাজেই, যে বোতলের দ্রবণের সংস্পর্শে লিটমাস কাগজের বর্ণের পরিবর্তন হয় না তা সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ। যে বোতলের দ্রবণের সংস্পর্শে নীল লিটমাস কাগজের বর্ণ লাল হয় তা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড। যে বোতলের দ্রবণের সংস্পর্শে ঐ লাল লিটমাস কাগজ পুনরায় নীল হয় তা কস্টিক সোডার দ্রবণ।

9. কোন ক্ষার অ্যাসিড দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত হ'য়েছে কিনা তা কিরূপে বুঝবে?

উঃ প্রশমিত না হ'লে মিশ্র দ্রবণ লাল লিটমাস কাগজকে নীল ক'রে। প্রশমিত হ'লে লিটমাসের বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় না।

10. দোলের সময় তোমরা কেহ কেহ "বিলীয়মান রঙ" ব্যবহার কর। এই রঙ তৈয়ারী হয় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে কয়েক ফোঁটা ফিনল্‌-পথ্যালিন মিশিয়ে। কিছুক্ষণ পরে রঙ বিলুপ্ত হয় কেন? [M. Exam. 1981]

উঃ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ফিনল্‌পথ্যালিনের সঙ্গে রঙ তৈরি করে। শুষ্ক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ফিনল্‌পথ্যালিনের সঙ্গে রঙ উৎপন্ন করে না। তাই কিছুক্ষণ পরে রঙ বিলুপ্ত হয়।

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ—জারণ ও বিজারণ

1. $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$.
উপরিউক্ত বিক্রিয়ায় কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারকরূপে কাজ করে যুক্তি সহ লেখ। [M. Exam. 1979]

উঃ এখানে HCl জারিত হ'য়ে Cl_2 উৎপন্ন করে। সুতরাং MnO_2 জারক পদার্থরূপে কাজ করে। MnO_2, যৌগে Mn এর ধনাত্মক যোজ্যতা $+4$ থেকে কমে $+2$ হয়। কাজেই, ইহা বিজারিত হয়—অর্থাৎ HCl বিজারকের কাজ করে।

2. উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে শুষ্ক হাইড্রক্সাইড গ্যাস পাঠালে কি পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়? এই প্রক্রিয়ায় কোন্‌টি জারিত ও কোন্‌টি বিজারিত হয়?

উঃ ধাতব কপার ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$। এক্ষেত্রে CuO বিজারিত এবং H_2 জারিত হয়।

3. কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারক পদার্থ তা লেখ।
H_2, H_2S, SO_2, NH_3, Cl_2, H_2SO_4.

উঃ NH_3, H_2S, SO_2, H_2 বিজারক পদার্থ এবং H_2SO_4, Cl_2 জারক পদার্থ।

4. H_2S যে বিজারক পদার্থ তা একটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও। [M. Exam. 1980, 1983]

উঃ $H_2S+Cl_2=2HCl+S$.
এক্ষেত্রে H_2S জারিত হ'য়ে সালফারে এবং Cl_2 বিজারিত হ'য়ে HCl এ পরিণত হয়। কাজেই, H_2S বিজারক এবং Cl_2 জারক পদার্থ।

5. $H_2S+Br_2=2HBr+S$
উপরি উক্ত বিক্রিয়ায় কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারকরূপে কাজ করেছে যুক্তিসহ লেখ।

উঃ হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেন অপসারিত হওয়ায় ইহা সালফারে জারিত হয়। ব্রোমিনের সঙ্গে হাইড্রোজেন যুক্ত হওয়ায় ইহা HBr-এ বিজারিত হয়।

6. শূন্যস্থান পূর্ণ কর ঃ
ফেরিক ক্লোরাইড থেকে ফেরাস ক্লোরাইড উৎপাদন — ক্রিয়ার একটি উদাহরণ। [M. Exam. 1982]

উঃ শূন্যস্থানে 'বিজারণ' লিখতে হবে।

সপ্তম পরিচ্ছেদ—কয়েকটি গ্যাসের প্রস্তুতি ও ধর্ম

1. পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুত ক'রবার সময় ইহার সহিত MnO_2 মিশান হয় কেন? [M. Exam. 1981]

উঃ 227 পৃষ্ঠায় 'প্রভাবক বা অনুঘটক' দেখ।

2. অ্যামোনিয়া যে ক্ষার ধর্মী তা দু'টি উদাহরণ দ্বারা দেখাও। [M. Exam. 1976]

উঃ (i) অ্যামোনিয়া জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠন করে। এই দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে।

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

(ii) অ্যামোনিয়া অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ক'রে লবণ উৎপন্ন করে।

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$

3. অ্যামোনিয়া থেকে উৎপন্ন একটি সারের নাম লেখ। [M. Exam. 1976]

উঃ অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাইঅক্সাইড যুক্ত হ'য়ে ইউরিয়া নামক সার উৎপন্ন করে।

4. বায়ুর মধ্যে কার্বন ডাইঅক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ ক'রবে? [M. Exam. 1976]

উঃ একটি পাত্রে স্বচ্ছ চুনের জল নিয়ে বায়ুতে রাখলে ইহাতে একটি আস্তরণ পড়ে। এই আস্তরণ $CaCO_3$। চুন জলের সঙ্গে CO_2 বিক্রিয়া ক'রে অদ্রাব্য $CaCO_3$ গঠন করে। কাজেই, বায়ুতে CO_2 আছে।

5. সোডা ওয়াটার কি ? [M. Exam. 1976]

উঃ জলের মধ্যে উচ্চচাপে কার্বন ডাইঅক্সাইড দ্রবীভূত ক'রলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে সোডা ওয়াটার বলে।

6. 9·6 গ্রাম ও 48 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত ক'রতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন হয় ? [M. Exam. 1980, 1983]

উঃ
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$
$$2(39+35{\cdot}5+16\times3) \qquad 3(16\times2)$$

কাজেই, 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় 245 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে।

অতএব, 9·6 গ্রাম " " " $\frac{245}{96}\times 9{\cdot}6$

$= 24{\cdot}5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে।

অতএব, 48 " " " " $\frac{245}{96}\times 48$

$= 122{\cdot}5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে।

7. একটি বিজারক গ্যাসের নাম লেখ ও ইহার বিজারণ ক্রিয়ার উদাহরণ দাও। [M. Exam. 1977]

উঃ হাইড্রোজেন গ্যাস। উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস পাঠালে কপার অক্সাইড বিজারিত হ'য়ে কপার এবং জল উৎপন্ন হয়, $CuO + H_2 = Cu + H_2O$।

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কি ঘটবে তা সমীকরণসহ লেখ— (i) চুনের জলের মধ্যে প্রথমে অল্প ও পরে অধিক পরিমাণে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস চালনা করা হ'ল (ii) কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হ'ল। [M. Exam. 1978]

উঃ (i) পৃষ্ঠা 240 দেখ। (ii) পৃষ্ঠা 246 দেখ।

9. হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে শুষ্ক করা হয় কিরূপে ? [M. Exam. 1979]

উঃ ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মধ্য দিয়ে গ্যাসকে চালনা ক'রলে ইহা শুষ্ক হয়।

10. একটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস আছে। একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যার সাহায্যে গ্যাসটিকে সনাক্ত করা যেতে পারে। [M. Exam. 1982, 1983]

উঃ ঐ গ্যাস জারে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ঢাললে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হ'য়ে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S\downarrow$$

11. জায়মান হাইড্রোজেন কাকে বলে ?

উঃ জিংক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সদ্যজাত হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলে। সাধারণ হাইড্রোজেন হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে বর্ণহীন ক'রতে পারে না, কিন্তু জায়মান হাইড্রোজেন ইহাকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণে পরিণত করে।

12. পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত ক'রবার জন্য প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াগুলির নাম লেখ। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি একটি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর। [M. Exam. 1981, 1985]

উঃ পৃঃ 232 দেখ।

13. অ্যামোনিয়া যে ক্ষার ধর্মী তা কি ক'রে প্রমাণ ক'রবে ?

[M. Exam. 1981]

উঃ ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ [অ্যামোনিয়াম সালফেট]

14. অ্যামোনিয়া গ্যাসকে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না কেন ? ইহাকে কিভাবে সংগ্রহ করা হয় ? [M. Exam. 1985]

উঃ অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় হওয়ায় ইহাকে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না। ইহা বায়ু অপেক্ষা হালকা হওয়ায় গ্যাস জারে বায়ুর নিম্ন অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

15. অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্মের উদাহরণ দাও।

উঃ অ্যামোনিয়া উত্তপ্ত কপার অক্সাইডকে ধাতব কপারে পরিণত করে।

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

16. পরীক্ষাগারে CO_2 গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয় না কেন ?

উঃ 243 পৃষ্ঠা দেখ

17. শুষ্ক বরফ কাকে বলে ?

উঃ কঠিন কার্বন ডাইঅক্সাইডকে শুষ্ক বরফ বলে।

18. বিনা তাপে কিভাবে অক্সিজেন পাওয়া যায় ?

উঃ সোডিয়াম পারক্সাইডকে জলের সংস্পর্শে আনলে বিনা তাপে কস্টিক সোডা ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2 \uparrow$$

19. কার্বন ডাইঅক্সাইডকে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয় না কেন ? ইহা কিভাবে সংগ্রহ করা হয় ?

উঃ কারণ ইহা জলে অধিক মাত্রায় দ্রবণীয়। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী হওয়ায় গ্যাস জারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

20. H_2, O_2, NH_3, H_2S—ইহাদের মধ্যে কার ক্ষার ধর্ম ও কার অ্যাসিড ধর্ম আছে ?

উঃ NH_3 এর ক্ষার ধর্ম ও H_2S এর অ্যাসিড ধর্ম আছে।

21. কতগ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ক'রলে 66 গ্রাম কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হ'বে ? [$Ca=40$, $C=12$, $O=16$] [M. Exam. 1985]

উঃ আমরা জানি যে, $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

100 গ্রাম (CaCO₃) ; 44 গ্রাম (CO₂)

কাজেই 44 গ্রাম কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যায় 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট থেকে,

$\therefore$ 1 " " " " " $\frac{100}{44}$ " " " "

$\therefore$ 66 " " " " " $\frac{100 \times 66}{44} = 150$ " " " "